

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**TRABZON GÜNEY ÇEVRE YOLU GÜZERGAHI ARSİN-YOMRA ARASININ  
MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

**Jeoloji Mühendisi Aykut AKGÜN**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde**

**“Jeoloji Yüksek Mühendisi”**

**Ünvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

109846

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 05.01.2001**

**Tezin Savunma Tarihi : 24.01.2001**

**Tez Danışmanı: Doç Dr. Fikri BULUT**

*Fikri Bulut*

**Jüri Üyesi : Prof. Dr. Remzi DİLEK**

*Remzi Dilek*

**Jüri Üyesi : Doç. Dr. Tahsin YOMRALIOĞLU**

*Tahsin Yomralioğlu*

**Enstitü Müdürü: Prof. Dr. Asım KADIOĞLU**

*Asım Kadioğlu*

**Trabzon 2001**

## ÖNSÖZ



Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü' ne Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı' nda Yüksek Lisans Tezi olarak sunulmuştur.

Yüksek Lisans tez çalışmam sırasında çalışmamın her safhasında yardım, destek ve önerilerini esirgemeyen değerli hocam Sayın Doç. Dr. Fikri BULUT' a, her zaman bilgilerinden faydalandığım hocam Sayın Prof. Dr. Remzi DİLEK'e, çalışma sırasında emekli olan fakat gerek bu çalışmadaki önerileri ve destekleri ile ve gerekse bilimsel anlamda yetişmemize katkıları gözardı edilemez hocam Sayın Yard. Doç. Dr. Suat BOYNUKALIN' a ve Sayın Prof. Dr. Fikret TARHAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmayı maddi olarak destekleyen K.T.Ü. Araştırma Fonu Başkanlığına teşekkür ederim.

Petrografik incelemelerde katkıları bulunan hocam Sayın Doç. Dr. Mehmet ARSLAN ve Araş. Gör. Faruk AYDIN' a, paleontolojik tayinlerde yardımcı olan hocam Sayın Yard. Doç. Dr. Sibel ÖZGÜR' e, içtenlikle teşekkürlerimi sunarım. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin temellerini öğrendiğim ve bu konuda her zaman destek ve yardımlarını gördüğüm hocam Sayın Doç. Dr. Tahsin YOMRALIOĞLU' na, sabır ve yardımlarını esirgemeyen Araş. Gör. Selçuk REİS' e, ve Araş. Gör. Halil AKINCI' ya içten teşekkürlerimi sunarım. Lisans eğitiminden bu yana bilimsel olarak yetişmemde katkıları önemli olan hocam Sayın Yard. Doç. Dr. Şener CERYAN' a teşekkür etmek isterim. Çalışmanın arazi ve büro safhalarında yardımlarını gördüğüm arkadaşlarım Araş. Gör. Serhat ve Nihal DAĞ' a, Araş. Gör. Ali YALÇIN' a, Araş. Gör. Şule TÜDEŞ' e, Araş. Gör. Hakan ve Arzu ERSOY' a, Araş. Gör. Dr. Fatma GÜLTEKİN' e sonsuz teşekkürler sunarım. Değerli arkadaşım Araş. Gör. Gülten YAYLALI' ya sabrı ve yardımlarından dolayı teşekkür ederim. Ayrıca burada ismini saymadığım ve desteklerini gördüğüm tüm arkadaşlarıma teşekkür etmek isterim. Laboratuvar deneylerim sırasında yardım ve sabrını esirgemeyen teknisyen sayın Yakup YAVUZ' a ayrıca teşekkür ederim.

Ve eğitim hayatım boyunca maddi manevi hiçbir desteği esirgemeyen başta saygıdeğer annem olmak üzere ablam ve enişteme de ayrıca şükranlarımı sunarım.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	VIII
SUMMARY.....	IX
SEMBOLLER DİZİNİ.....	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XIII
TABLolar DİZİNİ.....	XVI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Önceki Çalışmalar.....	2
1.3. İnceleme Alanının Coğrafi Konumu.....	3
1.4. Ulaşım ve Yerleşim Durumu.....	4
1.5. Topoğrafya ve Su Durumu.....	4
1.6. İklim ve Bitki Örtü.....	4
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	6
3. BULGULAR.....	8
3.1. Stratigrafi ve Petrografi.....	8
3.1.1. Riyolit-Riyodasit ve Piroklastlar (Çayırbağı Formasyonu).....	8
3.1.1.1. Birim Adı ve Tip Yeri.....	8
3.1.1.2. Litoloji Özellikleri.....	8
3.1.1.3. Kalınlık.....	13
3.1.1.4. Alt-Üst ve Yanal Sınırlar.....	13
3.1.1.5. Yaş ve Fosil Topluluğu.....	13
3.1.1.6. Deneştirme.....	14
3.1.2. Bakırköy Formasyonu.(Kireçtaşı, Marn, Kumtaşı ve Tüf).....	14
3.1.2.1. Birim Adı ve Tip Yeri.....	14
3.1.2.2. Litoloji Özellikleri.....	14
3.1.2.3. Kalınlık.....	15
3.1.2.4. Alt-Üst ve Yanal Sınırlar.....	15
3.1.2.5. Fosil Topluluğu ve Yaş.....	15

3.1.2.6.	Deneştirme.....	16
3.1.3.	Kabaköy Formasyonu.....	17
3.1.3.1.	Birim Adı ve Tip Yeri.....	17
3.1.3.2.	Litoloji Özellikleri.....	17
3.1.3.3.	Kalınlık.....	18
3.1.3.4.	Alt-Üst ve Yanal Sınırlar.....	18
3.1.3.5.	Fosil Topluluğu ve Yaş.....	18
3.1.3.6.	Deneştirme.....	19
3.1.4.	Beşirli Formasyonu.....	19
3.1.4.1.	Birim Adı ve Tip Yeri.....	19
3.1.4.2.	Litoloji Özellikleri.....	19
3.1.4.3.	Kalınlık.....	19
3.1.4.4.	Alt-Üst ve Yanal Sınırlar.....	19
3.1.4.5.	Fosil Topluđu ve Yaş.....	20
3.1.4.6.	Deneştirme.....	20
3.1.5.	Sekiler.....	21
3.2.	Yapısal Jeoloji.....	21
3.2.1.	Tabakalar.....	21
3.2.2.	Çatlaklar.....	22
3.2.3.	Faylar.....	22
3.3.	Mühendislik Jeolojisi.....	24
3.3.1.	Kaya ve Zeminlerin Mühendislik Jeolojisi Amaçlı Bölgeleştirmesi.....	24
3.3.2.	I. Bölge Kayaçlarının Mühendislik Özellikleri.....	26
3.3.2.1.	Kayaçların Süreksizlik Özellikleri.....	26
3.3.2.1.1.	Kaya Kalitesi Özelliği.....	26
3.3.2.1.2.	Süreksizlik Ara Uzaklığı ve Açıklığı.....	27
3.3.2.1.3.	Süreksizlik Dolguları.....	29
3.3.2.1.4.	Süreksizlik Yüzeylerinin Pürüzlülüğü.....	29
3.3.2.1.5.	Kayaçta Ayrışma Durumu.....	30
3.3.2.2.	I. Bölge Kayaçlarının Fizikomekanik Özellikleri.....	31
3.3.2.2.1.	Deney Örneklerinin Hazırlanması.....	31
3.3.2.2.2.	Fiziksel Özellikler.....	33
3.3.2.2.2.1.	İndeks Özellikleri.....	33

3.3.2.2.2.2.	Sertlik.....	34
3.3.2.2.2.3.	Boyuna Dalga Hızı.....	35
3.3.2.2.3.	Mekanik ve Elastik Özellikler.....	36
3.3.2.3.1.	Nokta Yük Direnci.....	36
3.3.2.2.3.2.	Tek Eksenli Basınç Direnci.....	37
3.3.2.3.3.	Dinamik Elastisite Modülü.....	40
3.3.3.	II. Bölge Kayaçlarının Mühendislik Özellikleri.....	42
3.3.3.1.	Kayaçların Süreksizlik Özellikleri.....	42
3.3.3.1.1.	Kaya Kalitesi Özelliği.....	42
3.3.3.1.2.	Süreksizlik Ara Uzaklığı ve Açıklığı.....	43
3.3.3.1.3.	Süreksizlik Dolguları.....	44
3.3.3.1.4.	Süreksizlik Yüzeylerinin Pürüzlülüğü.....	44
3.3.3.1.5.	Kayaçalarda Ayrışma.....	45
3.3.3.2.	II. Bölge Kayaçlarının Fizikomekanik Özellikleri.....	46
3.3.3.2.1.	Fiziksel Özellikler.....	47
3.3.3.2.1.1.	İndeks Özellikler.....	47
3.3.3.2.1.2.	Sertlik.....	47
3.3.3.2.1.3.	Boyuna Dalga Hızı.....	48
3.3.3.2.2.	Mekanik ve Elastik Özellikler.....	49
3.3.3.2.2.1.	Nokta Yük Direnci.....	49
3.3.3.2.2.2.	Tek Eksenli Basınç Direnci.....	50
3.3.3.2.2.3.	Dinamik Elastisite Modülü.....	51
3.3.4.	III: Bölge Zeminlerinin Mühendislik Özellikleri.....	52
3.3.4.1.	III: Bölge Zeminlerinin Jeolojik Özellikleri.....	52
3.3.4.2.	Zeminlerin Jeoteknik Parametreleri.....	52
3.3.4.2.1	Örnek Alımı.....	52
3.3.4.2.2.	Zeminin İndeks Özellikleri.....	53
3.3.4.2.3.	Zeminin Kıvam Limitleri.....	54
3.3.4.2.4.	Zeminin Kesme Direnci Parametreleri.....	56
3.3.4.2.5.	DTA Analizi.....	61
3.3.4.2.6.	Zeminin Taşıma Gücü.....	63
3.3.5.	IV. Bölge Kayaçlarının Mühendislik Özellikleri.....	65
3.3.5.1.	Kayaçların Süreksizlik Özellikleri.....	65

3.3.5.1.1.	Süreksizlik Ara Uzaklığı ve Açıklığı.....	65
3.3.5.1.2.	Kayaçalarda Ayrışma.....	65
3.3.5.2.	Kayaçların Fizikomekanik Özellikleri.....	65
3.3.5.2.1.	Deney Örneklerinin Hazırlanması.....	66
3.3.5.2.2.	Fiziksel Özellikler.....	66
3.3.5.3.	Mekanik ve Elastik Özellikleri.....	67
3.3.5.3.1.	Nokta Yük Direnci.....	67
3.3.5.3.2.	Tek Eksenli Basınç Direnci.....	67
3.3.5.3.3.	Dinamik Elastisite Modülü.....	68
3.3.6.	V. Bölge Zeminlerinin Mühendislik Özellikleri.....	69
3.3.6.1.	V. Bölge Zeminlerinin Jeolojik Özellikleri.....	69
3.3.6.2.	V. Bölge Zeminlerinin Jeoteknik Parametreleri.....	70
3.3.6.3.	Örnek Alımı.....	70
3.3.6.2.2.	Zeminin İndeks Özellikleri.....	70
3.3.6.2.3.	Zeminin Kıvam Limitleri.....	71
3.3.6.2.4.	Zeminin Granülometrisinin Belirlenmesi.....	73
3.3.6.3.	DTA analizi.....	75
3.3.7.	VI. Bölge Kayaçlarının mühendislik Özellikleri.....	76
3.3.7.1.	Kayaçların Süreksizlik Özellikleri.....	76
3.3.7.1.1.	Süreksizlik Ara Uzaklığı ve Açıklığı.....	76
3.3.7.1.2.	Süreksizlik Dolguları.....	78
3.3.7.1.3.	Süreksizlik Yüzeylerinin Pürüzlülüğü.....	78
3.3.7.1.4.	Kayaçta Ayrışma Durumu.....	78
3.3.7.2.	VI. Bölge Kayaçlarının Fizikomekanik Özellikleri.....	78
3.3.7.2.1.	Fiziksel Özellikler.....	79
3.3.7.2.1.1.	Sertlik.....	79
3.3.7.2.2.	Mekanik Özellikler.....	79
3.3.7.2.2.1.	Nokta Yük Direnci.....	79
3.3.7.2.2.2.	Tek Eksenli Basınç Direnci.....	80
3.3.8.	Kayalara İlişkin Kaya Kütle Sınıflaması Uygulamaları.....	81
3.3.8.1.	RMR Sistemi.....	82
3.3.8.1.1.	Çalışma Alanında Bulunan Kayaçlara İlişkin RMR Sınıflaması Uygulaması.....	84

3.4.	Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulaması.....	88
3.4.1.	GIS Nedir?.....	88
3.4.2.	GIS' in Bileşenleri.....	89
3.4.2.1.	Bilgisayar Donanımı.....	89
3.4.2.2.	GIS Yazılımı.....	90
3.4.2.3.	GIS' in Kullanım Alanları.....	91
3.4.2.3.1.	Mühendislik jeolojisinde GIS' in Önemi.....	92
3.4.2.4.	GIS' de Veri Tipi Kavramı.....	93
3.4.2.5.	Grafik ve Öznitelik Bilgilerinin Entegrasyonu.....	96
3.4.2.6.	GIS' de Veri Elde Etme Yöntemleri.....	97
3.4.2.7.	GIS ile İnceleme Alanına Ait Uygulamalar.....	98
3.4.2.7.1.	Kullanılan Donanım ve Yazılımları.....	99
3.4.2.7.2.	Sayısallaştırma.....	99
3.4.2.7.3.	Veri Dönüşümü.....	99
3.4.2.7.4.	Öznitelik Tablolarının Oluşturulması.....	99
3.4.2.7.5.	Çıktı Sonuç Haritalarının Hazırlanması.....	100
3.4.2.7.6.	Analitik ve Lojik İşlemler Yardımıyla Risk Haritasının Üretilmesi.....	100
4.	İRDELEME.....	109
5.	SONUÇLAR.....	110
6.	ÖNERİLER.....	114
7.	KAYNAKLAR.....	115
8.	ÖZGEÇMİŞ.....	119

## ÖZET

Bu çalışmada Trabzon güney çevre yolu Arsin –Trabzon arası muhtemel güzergahında yüzeyleyen kaya ve zemin karakterli birimlerin mühendislik özellikleri gerek arazi, gerekse laboratuvar deney ve gözlemleri ile belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla öncelikle güzergahın 1/25.000 ölçeğinde genel jeoloji haritası yapılmış, buna bağlı olarak 1/10.000 ölçeğinde birimlerin ayrışma dereceleri baz alınmak suretiyle mühendislik jeolojisi haritası yapılmıştır.

İnceleme alanında altı farklı birim ayırt edilmiştir. Bu birimler yaşlıdan gence; riyolit-riyodasit ve dasitler (Üst Kretase-Paleosen), kireçtaşı, marn, kuntaşı, tuf ar dalanması (Üst Kretase-Paleosen), andezit-bazalt ve piroklastları (Eosen), polijenik-heterojen konglomera ve breşler (Pliyosen), seki ve alüvyonlardır (Kuvaterner).

Mühendislik jeolojisi haritasında ayırtlanan altı birim mühendislik özellikleri açısından ayrı ayrı ele alınmış ve her bir birim için mümkün olan jeoteknik parametreler belirlenmiştir. Bu birimlerden kaya niteliğinde olanlar kireçtaşı, riyodasit, riyolitik breş ve konglomera-breştir. Kireçtaşı ve riyodasit iyi kaliteli, orta çatlaklı, orta ve çok geniş açıklıklı, hafif ve orta derece pürüzlü, kısmen ayrıışmış ve yüzeysel alterasyona uğramış ve orta dirençli kaya olarak belirlenmiştir. Bu birimlerin kaya kütle puanlamasına göre sınıflandırmaları yapılmış, tünel kayası, temel kayası ve şev kayası olmaları açısından irdelenmişlerdir. Buna göre kireçtaşı ve riyodasitin tünel ve temel kayası açısından uygun oldukları, şev kayası olarak ise zayıf kalitede oldukları görülmüştür. Diğer kaya birimlerinin ise gerek ileri derece ayrıışmadan, gerekse zayıf çimentolanmalarından dolayı mühendislik kalitesi açısından düşük değerlere sahip oldukları tespit edilmiştir. Kil mineralojilerine bağlı olarak iki farklı zemin tipi belirlenmiştir. Bu zeminlerde yapılan incelemeler sonucunda ise her iki kil zeminin de yüksek plastisiteli oldukları belirlenmiştir.

GIS tekniği kullanılarak çalışma güzergahına ait 1/10.000 ölçeğinde eğim, bakı, yükseklik değeri haritaları üretilmiş, bunlardan eğim haritası ile mühendislik jeolojisi haritası çakıştırılarak kütle hareketleri risk haritası elde edilmiştir. Bunun sonucunda çalışma alanında riskli ve risksiz alanlar dereceli olarak ayırtlanmıştır. Ayrıca yine bu güzergah için üç boyutlu sayısal arazi modeli de üretilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çevre yolu, Jeoteknik, GIS



## SUMMARY

### **Engineering Geology of the Arsin-Trabzon Section of Trabzon South Expressway Possible Route**

In this study, engineering properties of the rocks and soil outcropping in the Arsin-Trabzon section of the possible route of the south expressway, Trabzon were investigated by means of both field and laboratory studies. For this purpose, this route was mapped geologically with a scale of 1/25.000 initially and afterwards, engineering geological map with a scale of 1/10.000 based on weathering grades was prepared.

Six different units were distinguished. These are from down to top are rhyolite-rhyodacite and dacite (Upper Cretaceous-Paleocene), alternation of limestone, marl, sandstone and tuff (Upper Cretaceous-Paleocene), andesite-basalt and pyroclastic rocks (Eocene), polygenetic-heterogeneous conglomerate and breccia (Pliocene), terrace and alluvium (Quaternary).

Six units which were distinguished in engineering geology map were considered separately from the point of engineering properties, and possible geotechnical properties for each unit were examined. These units which are rock are limestone, rhyodacite, rhyolitic breccia and conglomerate-breccia. Limestone and rhyodacite are good quality, mildly-fractured, middle-to wide spaced, slightly and mildly rough, partly weathered and hydrothermally altered as well middle strength rock. Rock mass rating of these units were carried out and studied in terms of being tunnel, foundation and slope rock. Accordingly, it is concluded that limestone and rhyodacite are suitable for tunnel and foundation rock and not suitable for slope rock. The other rock units turned out to be poor quality in terms of engineering properties because of their highly weathered nature and poor cementation. Two different soil types were distinguished based on their clay mineralogy. These soil types have high plasticity.

Slope, aspect and height value maps of the study route were produced by GIS technique. Risk map was made for possible mass movement by overlay processes of slope map and engineering geology map. Areas with risk and without risk were thereby distinguished. In addition to this, 3D digital elevation model for the study area was produced.

**Keywords:** Expressway, Geotechnical, GIS.

## SEMBOLLER DİZİNİ

RQD	: Kaya Kalitesi Özelliği (%)
$\lambda$	: Bir metre uzunluktaki ortalama çatlak sayısı
$\gamma$	: Özgül ağırlık
$\gamma_k$	: Kuru birim hacim ağırlığı ( gr/cm <sup>3</sup> )
$\gamma_d$	: Doymun birim hacim ağırlığı (gr/cm <sup>3</sup> )
$\gamma_a$	: Batık birim hacim ağırlığı (gr/cm <sup>3</sup> )
p	: Porozite (%)
e	: Boşluk oranı (%)
a <sub>s</sub>	: Ağırlıkça su emme yüzdesi (%)
h <sub>s</sub>	: Hacimce su emme yüzdesi (%)
S <sub>r</sub>	: Doymunluk derecesi (%)
V <sub>k</sub>	: Ultrasonik ses dalgasının kuru örneği katetme hızı (m/sn)
V <sub>d</sub>	: Ultrasonik ses dalgasının doymun örneği katetme hızı (m/sn)
I <sub>s</sub>	: Kayacın nokta yük direnci (kg/cm <sup>2</sup> )
I <sub>s(50)</sub>	: Kayacın düzeltilmiş nokta yük direnci (kg/cm <sup>2</sup> )
P	: Örneği kıran kuvvet (kg)
D	: Örnek çapı (cm)
L	: Örnek boyu (cm)
$\sigma_b$	: Kayacın tek eksenli basınç direnci (kg/cm <sup>2</sup> )
$\sigma'_b$	: Düzeltilmiş tek eksenli basınç direnci (kg/cm <sup>2</sup> )
E <sub>d</sub>	: Dinamik elastisite modülü (kg/cm <sup>2</sup> )
W	: Örnek ağırlığı (gr)
t	: Ultrasonik ses dalgasının örneği kat etme zamanı ( $\mu$ sn)
f	: Boyuna titreşim frekansı (devir/sn)
JRC	: Süreksizlik Pürüzlülük Katsayısı

$\omega$	: Su muhtevası değeri (%)
LL	: Likit limit değeri (%)
PL	: Plastik limit değeri (%)
$W_L$	: Likit limit değeri (%)
$W_P$	: Plastik limit değeri (%)
PI	: Plastisite indisi değeri (%)
SL	: Rötire limit değeri (%)
$W_{SL}$	: Rötire limit değeri (%)
$c$	: Kohezyon değeri ( $kg/cm^2$ )
$\phi$	: İçsel sürtünme açısı (derece)
$c'$	: Efektif kohezyon değeri ( $kg/cm^2$ )
$\phi'$	: Efektif içsel sürtünme açısı (derece)
C	: Konsolidasyonlu kesme kutusu deneyi
UC	: Konsolidasyonsuz kesme kutusu deneyi
D	: Drenajlı kesme kutusu deneyi
UD	: Drenajsız kesme kutusu deneyi
CD	: Konsolidasyonlu-drenajlı kesme kutusu deneyi
$\sigma$	: Normal gerilme ( $kg/cm^2$ )
$\tau$	: Kesme gerilmesi ( $kg/cm^2$ )
DTA	: Diferantial Thermic Analyses
Pt	: Platin
Rb	: Rubidyum
$q_f$	: Sınır taşıma gücü ( $t/m^2$ )
$N_f, N_c, N_q$	: Taşıma gücü katsayıları (boyutsuz)
B	: Temel genişliği (m)

- P : Elekten geçen malzeme yzdesi (%)
- RMR : Rock Mass Rating (Kaya ktle puanlaması)
- RMR<sub>BASIC</sub> : Temel kaya ktle puanlaması
- GIS : Geographical Information Systems (Coğrafi Bilgi Sistemleri)



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası.....	3
Şekil 2. Trabzon Meteoroloji İstasyonu Verilerine Göre Hazırlanmış Aylara Göre Sıcaklık Değişimleri.....	5
Şekil 3. Trabzon Meteoroloji İstasyonu Verilerine Göre Hazırlanmış Aylara Göre Yağış Değişimleri.....	5
Şekil 4. Arsin-Trabzon arasının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti.....	9
Şekil 5. Arsin-Trabzon arasının genel jeoloji haritası.....	10
Şekil 6. Çalışma alanına ait jeolojik kesitler.....	11
Şekil 7. Biyotitli riyolit (Qtz: Kuvars, Bi: Biyotit, Pl: Pajiyoklas).....	12
Şekil 8. Çayırbağı formasyonunun araziden bir görünümü.....	13
Şekil 9. Bakırköy formasyonunun araziden bir görünümü.....	15
Şekil 10. Kırmızı kireçtaşının mikroskopik görünümü(Glbc: Globotruncanid, Bfm: Bentik Foraminifer).....	16
Şekil 11. Doloritin mikroskopik görünümü(Cpx: Klinopiroksen, Pl Plajiyoklas). 18	18
Şekil 12. Kabaköy-Beşirli formasyonları sınırının araziden bir görünümü(Alt: Kabaköy, Üst: Beşirli).....	20
Şekil 13. Eosen birimlerinden alınan 40 çatlak ölçüsüne göre DIPS programında çizdirilmiş kontur diyagramı.....	23
Şekil 14. Üst Kretase-Paleosen birimlerinden alınan 172 çatlak ölçüsüne göre DIPS programında çizdirilmiş kontur diyagramı.....	23
Şekil 15. Yol güzergahına ait mühendislik jeolojisi haritası.....	25
Şekil 16. Pürüzlülük ölçümünde kullanılan tarak aleti.....	30
Şekil 17. Tipik süreksizlik pürüzlülük profilleri ve ilişkili JRC değerleri.....	30
Şekil 18. Laboratuvarda karot alımında kullanılan sondaj makinası.....	32
Şekil 19. Karot ucu düzeltme makinası.....	32
Şekil 20. Karot örneklerinin yüzey pürüzlülüğü ve paralelliginin komperatör ile kontrolü.....	33
Şekil 21. Ultrasonik deney aleti.....	35
Şekil 22. Nokta yük direnci deney aleti.....	37
Şekil 23. Tek eksenli basınç direnci deney aleti.....	39

Şekil 24.	Tek eksenli basınç deneyi sonucunda kırılan karot örneklerinde gözlenen kırılma şekilleri.....	40
Şekil 25.	Tek eksenli basınç direnci deneyleri sonucunda riyo dasitte meydana gelen bazı kırılma şekilleri.....	51
Şekil 26.	Örnek alımında kullanılan çelik tüpler.....	53
Şekil 27.	Likit limit deney düzeneği.....	54
Şekil 28.	Su muhtevası-vuruş sayısı ilişkisini gösteren grafik.....	56
Şekil 29.	Casagrande Plastisite Grafiği ve çalışılan örneğin bu grafikteki yeri.....	56
Şekil 30.	Kesme kutusu deney aleti.....	58
Şekil 31.	Kesme kutusu deneyi hücre düzeneği.....	59
Şekil 32.	Kil zemin örneğine ait $\tau$ -yatay yer değiştirme grafikleri.....	60
Şekil 33.	Kil zemin örneğinin normal gerilme-kayma gerilmesi grafiği.....	61
Şekil 34.	DTA deney aleti.....	62
Şekil 35.	Zemin örneğine ait DTA grafiği.....	62
Şekil 36.	Taşıma gücü katsayıları için kullanılan grafik.....	64
Şekil 37.	Taş kesme makinasının görünümü.....	66
Şekil 38.	Tek eksenli basınç direnci deneyinde kullanılan küp örneklerin deney sonucundaki görünümleri.....	68
Şekil 39.	Örneğe ait su muhtevası-vuruş sayısı ilişkisi ve likit limit değeri.....	72
Şekil 40.	Casagrande Plastisite grafiği ve çalışılan örneğin bu grafikteki yeri.....	73
Şekil 41.	V. bölge zemin örneğine ait dane dağılım eğrisi.....	74
Şekil 42.	Elek analizinde kullanılan standart elek takımları.....	75
Şekil 43.	V. bölge zemin örneğine ait DTA grafiği.....	76
Şekil 44.	Bir coğrafi bilgi sisteminin temel donanım bileşenleri.....	90
Şekil 45.	Vektör ve raster veri modellerinin gösterimi.....	94
Şekil 46.	GIS' de konumsal ve öznitelik bilgilerinin entegrasyonu.....	96
Şekil 47.	Tüm çalışma alanına ait eğim haritası.....	102
Şekil 48.	Yol güzergahına ait eğim haritası.....	103
Şekil 49.	Yol güzergahına ait bakı haritası.....	104
Şekil 50.	Yol güzergahına ait yükseklik değeri haritası.....	105
Şekil 51.	Kütle hareketleri risk haritası	106
Şekil 52.	Çalışma alanının batıdan görünümü ile üç boyutlu sayısal arazi	

	modeli.....	107
Şekil 53.	Çalışma alanının doğudan görünümü ile üç boyutlu sayısal arazi modeli.....	108



## TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. I Bölge kayalarına ait RQD değeri ve kayanın genel sınıflamadaki yeri.....	27
Tablo 2. Tabaka kalınlıklarına göre kayanın sınıflandırılması.....	28
Tablo 3. Kireçtaşı kayaç yüzeylemelerinde ölçülen çatlak ara uzaklıklarına göre kayanın sınıflandırılması.....	28
Tablo 4. Kireçtaşı kayaç yüzeylemelerinde ölçülen çatlak açıklıklarına göre kayanın sınıflandırılması.....	29
Tablo 5. Kireçtaşının indeks özelliklerinin ortalama değerleri.....	34
Tablo 6. Arazide kireçtaşı yüzeylemelerinden alınan Schmidt çekici geri tepme sayılarının ortalama değerleri.....	34
Tablo 7. Kireçtaşlarına ait boyuna dalga hızlarının ortalama değerleri.....	36
Tablo 8. Kireçtaşlarına ait ortalama nokta yük direnci değeri.....	37
Tablo 9. Kireçtaşına ait tek eksenli basınç direncinin ortalama değeri.....	38
Tablo 10. Deer ve Miller (1966) tarafından önerilen kayaların tek eksenli basınç direnci sınıflaması.....	39
Tablo 11. Kireçtaşının dinamik elastisite modülü ortalama değeri.....	41
Tablo 12. Riyodasit yüzeylemelerinden elde edilen ortalama RQD değeri ve riyodasitin ilgili kayadaki yeri.....	42
Tablo 13. Riyodasitik kayaç yüzeylemelerinde ölçülen çatlak ara uzaklıklarına göre kayanın sınıflandırılması.....	43
Tablo 14. Riyodasitik kayaç yüzeylemelerinde ölçülen çatlak açıklıklarına göre kayanın sınıflandırılması.....	44
Tablo 15. Heterojen kütleler için tanımlayıcı bir ayrışma sınıflandırması.....	46
Tablo 16. Riyodasite ait indeks özellikleri.....	47
Tablo 17. Riyodasite ait Schmidt çekici geri tepme sayılarının ortalama değeri.....	48
Tablo 18. Riyodasite ait boyuna dalga hızlarının ortalama değerleri.....	48
Tablo 19. Riyodasite ait ortalama nokta yük direnci değeri.....	49
Tablo 20. Riyodasite ait tek eksenli basınç direnci ortalama değeri.....	50
Tablo 21. Riyodasite ortalama dinamik elastisite modülü değeri.....	51



Tablo 22.	Zemine ait indeks özellikleri.....	53
Tablo 23	Likit ve plastik limit deney sonuçları.....	55
Tablo 24	IAEG' nin likit limit değerine göre yaptığı zemin sınıflaması ve çalışılan zeminin bu sınıflamadaki yeri.....	55
Tablo 25	Zemine ait kesme direnci parametreleri.....	61
Tablo 26	Taşıma gücü hesabında kullanılacak zemine ait parametreler.....	64
Tablo 27	Kil zeminler için tahmini taşıma gücü değerleri.....	64
Tablo 28	Konglomera-Breş biriminin boyuna dalga hızlarının ortalama değerleri..	67
Tablo 29	Konglomera-Breş birimine ait ortalama nokta yük direnci değeri.....	67
Tablo 30	Konglomera-Breş birimine ait ortalama basınç direnci değeri.....	68
Tablo 31	Konglomera-Breş birimine ait ortalama elastisite modülü değeri.....	69
Tablo 32	Gri renkli kile ait indeks özellikleri.....	70
Tablo 33	Gri renkli kile ait likit limit ve plastik limit deney sonuçları.....	71
Tablo 34	IAEG' nin Likit Limit değerine göre yapmış olduğu zemin sınıflandırmasında çalışılan zeminin yeri ve yurdu.....	72
Tablo 35	Elek analiz deney sonuçları.....	74
Tablo 36	V. Bölge zeminlerinin dane dağılımına göre sınıflandırılması.....	75
Tablo 37	Riyolitik breş yüzeylemelerinde ölçülen çatlak ara uzaklıklarına göre kayanın sınıflandırılması.....	77
Tablo 38	Riyolitik breş yüzeylemelerinde ölçülen çatlak açıklıklarına göre kayanın sınıflandırılması.....	77
Tablo 39	Riyolitik breşe ait ortalama Schmidt çekici geri tepme sayısı.....	79
Tablo 40	Riyolitik breşe ait ortalama nokta yük direnci değeri.....	80
Tablo 41	Nokta yük direnci değeri kullanarak hesaplanan ortalama tahmini tek eksenli basınç direnci değeri.....	81
Tablo 42	Kaya kütle puanlama sisteminde (RMR) kullanılan çizelge.....	83
Tablo 43	Kireçtaşıma ait RMR değerlendirmesi.....	84
Tablo 44	Kireçtaşı biriminin düzeltilmiş RMR puanlamasına göre kaya kütle sınıflaması.....	85
Tablo 45	Riyodasite ait RMR değerlendirmesi.....	85
Tablo 46	Riyodasit biriminin düzeltilmiş RMR puanlamasına göre kaya kütle sınıflaması.....	86
Tablo 47	Kireçtaşı kaya kütlelerine ait kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri..	86

Tablo 48	Riyodasit kaya kütlesine ait kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri.....	87
Tablo 49	Örneklerle GIS' de veri kaynakları türleri.....	97
Tablo 50	Risk haritasında kullanılan parametreler.....	101



# 1. GENEL BİLGİLER

## 1.1.Giriş

Güzergah belirlenmesi yol mühendisliğinin önemli bir bölümüdür. İyi bir ulaşım planını takip eden güzergah seçimi yol projesine temel oluşturur. Mühendislik anlamda jeolojik çalışmalar kapsamında jeolojik harita alımı, jeomorfolojik ve hidrojeolojik durumun belirlenmesi, doğal yamaç ve şevlerin eğim ve kütle hareketlerinin incelenmesi,yol malzemesi (agrega) kaynaklarının belirlenmesi sayılabilir. Tüm bunlar mali gelir-gider analizinde ve seçenek değerlendirmesinde olduğu kadar proje özellikleri üzerinde de etkilidir. Buradaki birincil amaç,bu konulardaki bilimsel iletişime genel ölçütlerle katkıda bulunabilmektir. Fayların tipi, büyüklüğü ve uzanımının, kıvrım ve tabaka konumlarının, litolojik birim dokanaklarının,eklem ve kırıklık yoğunluğunun iyi belirlenmesi ve etüt edilmesinin otoyol yapılarının üzerinde önemli etkileri söz konusudur. Yayılım gösteren birimlerin mühendislik özellikleri güzergah çalışmalarında önemli bir yer tutmaktadır. Drenaj sistemleri,kaynak ve sızıntılar,bataklık ve yumuşak-ıslak zeminler,kütle hareketleri ve doğal yamaç eğimi ilişkisi,yüzey ve yer altı su durumu ve bu havzaların gelecekteki kullanım planlarının bilinmesi güzergah seçiminde göz ardı edilmeyecek derecede önem taşımaktadır. Çakıl-kum ve kırmataş yol yapımı için değerli olduğundan niteliksel, niceliksel ve alansal dağılımlarının güzergah belirlenmesinde ve yol projesi üzerinde etkili olduğu kesindir.

Tüm bu ön bilgiler ışığında,yapılması planlanan ve hem ekonomik hem de sosyal anlamda bölgeye,özellikle de Trabzon ve çevresine sayısız katkıların olacağına kesin inanılan”Güney Çevre Yolunun” Arsin –Trabzon kesimine ait detaylı bir mühendislik jeolojisi etüdünün yapılması ile söz konusu güzergah üzerindeki jeolojik yapı ve birimlerinin tünel,köprü geçişi,viyadük gibi mühendislik ve sanat yapılarıyla ilişkisi ve bunlar üzerindeki etkilerinin ortaya koyulmaya çalışılacağı bu çalışmanın, söz konusu projenin hayata geçirilme aşamasında son derece faydalı olacağına inanmaktayız.

## 1.2.Önceki Çalışmalar

Arsin-Yomra arasındaki bölgeyi içine alan en eski jeolojik harita çalışması 1/500.000 ölçekli olup (1962) yılında Gattingen tarafından yapılmıştır.

Iğdır (1971) Sürmene-Araklı-Arsin-Yomra yörelerinin jeolojisi adı altında yapmış olduğu çalışmada inceleme alanındaki formasyonlar en altta Üst Kretase yaşlı spilit ve andezitlerden oluşmaktadır. Aralarında mercekler halinde gri renkli az miktarda kristalize olmuş kireç taşı görülmektedir. Alt bazik seri olarak isimlendirdiği bu serinin üstüne dasit, riyodasit , riyolit ve bunların tüfleri gelmektedir. Tüflerin üzerinde kumtaşı-marn-kireçtaşı-tüften oluşan bir seri gelmektedir.

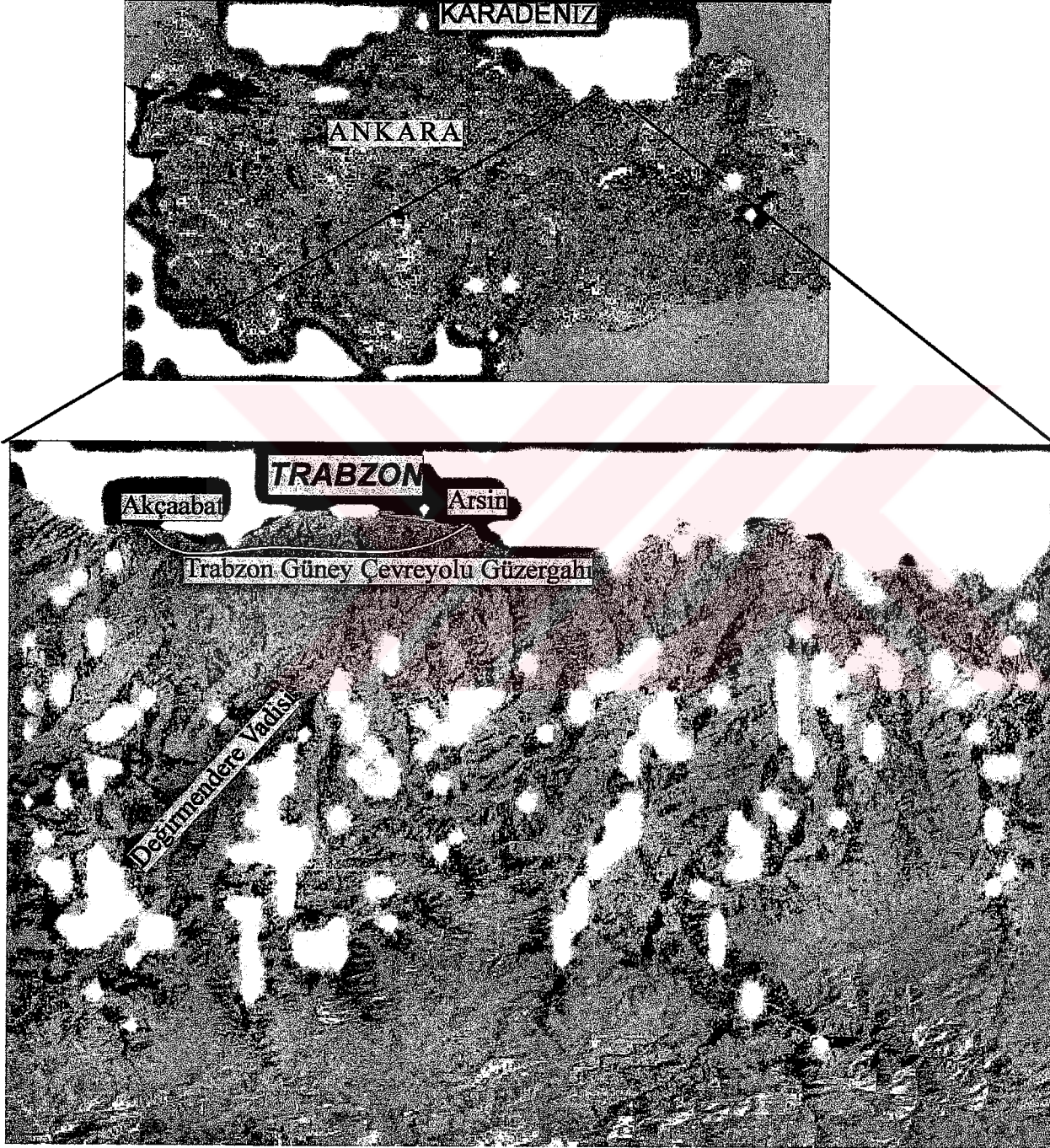
Alpan (1971); Trabzon ili ile Of ilçesi arasında yapmış olduğu jeolojik çalışmasında volkanik kayalara üst kretase yaşını vermiştir. En eski birim olarak bazat ve andezitleri içeren Alt Bazik seriyi belirtmiş , bunların üzerine yine Üst Kretase yaşlı olan Alt Dasit , Üst Bazik ve Üst Dasit seviyeleri gelmektedir. Ayrıca Harmanlı Mahallesiindeki marn ana katkılı kireçtaşlarının yaşının Üst Kretase olduğunu belirtmiştir.

(1974-1975) yılında MTA tarafından oluşturulan Türk-Japon ekibi inceleme alanında maden yatakları ağırlıklı , 1/50.000 ölçekli bir jeolojik çalışma yapmıştır. Bu çalışmaya göre temeli bazaltik lav ve piroklastlardan oluşmakta andezitik ve andezitik tüfler bu temel üzerine uyumlu olarak gelmektedir.

GÜVEN ve diğerleri (1993) ; Trabzon F42 ve G42 paftalarını içine alan alanda yapmış oldukları 1/100.000 ölçekli jeolojik çalışmada ; en yaşlı birimin Liyas volkanitleri olduğu , Üst Kretase döneminde Kuzey Pontidler' de yoğun bir magmatik aktiviteye karşılık güney zonda daha çok tortul birimlerin geliştiğini , Eosen ile magmatik aktivitenin yeniden etkili bir şekilde başlayıp devam ettiğini , Mesozoik ve Senozoik yaşlı birimleri kesen granitoidlerin kontak zonları oluşturan irili ufaklı stoklar halinde görüldüğü ifade etmiştir.

### 1.3.İnceleme Alanının Coğrafi Konumu

İnceleme alanı Doğu Karadeniz Bölümünde, Trabzon iline bağlı Arsin ve Yomra ilçeleri arasında yer alır ve 1/25.000 ölçekli Trabzon G43-b1-b2 paftaları içerisinde 45km<sup>2</sup>’ lik bir alanı kapsar.



Şekil 1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası ( 125 x 125 çözünürlüklü Landsat 5 TM uydu görüntüsü, [www.mta.gov.tr](http://www.mta.gov.tr) )

#### 1.4. Ulaşım ve Yerleşim Durumu

Çalışma alanına ulaşım Trabzon-Sarp Karayolu'ndan sağlanmaktadır. Güneye doğru ise vadiler boyunca bulunan yer yer stabilize , yer yer de asfalt yollardan ulaşım sağlanmaktadır.

Çalışma alanında Doğu Karadeniz Bölümü'nün tipik dağlık yerleşim şekli görülmektedir. Ana yerleşim merkezleri Arsin ve Yomra ilçeleri ile Sancak , Gürsel Mahalleleri , Gölcük , Yokuşlu , Harmanlı ve Madenli Köyleridir.

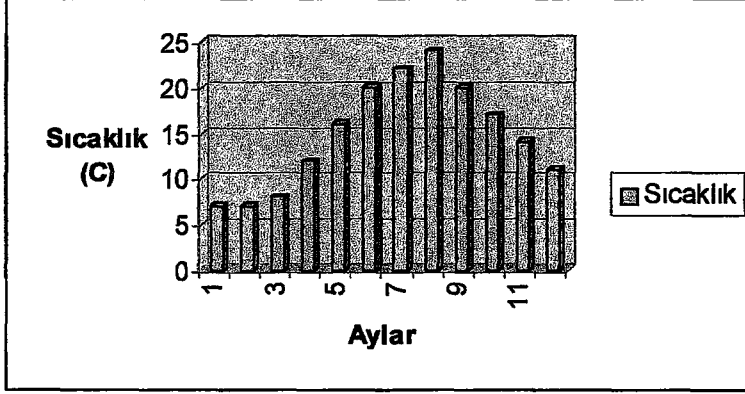
#### 1.5. Topografya ve Su Durumu

İnceleme alanı içerisinde K-G doğrultusunda Yomra Deresi, Sancak Dere , Ekşili Dere , Harmanlı Deresi ve Kayak Dereleri irili ufaklı vadiler oluşturmaktadır. Çalışma alanında genelde çok sert olmayan bir Topografya ve engebeli bir morfoloji göze çarpar.

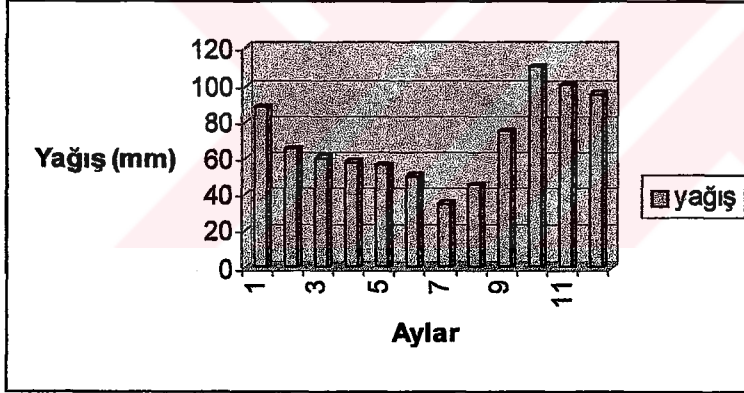
#### 1.6. İklim Ve Bitki Örtüsü

Çalışma alanında Doğu Karadeniz'e özgü ılıman bir iklim hakimdir. Kışlar ılık, yazlar sıcaktır. En çok yağış sonbahar ve kış aylarında izlenir. Temmuz- Ağustos aylarında sağanak yağışlar görülür. Trabzon meteoroloji gözlem istasyonu tarafından ölçülen meteorolojik veriler Şekil 2 ve 3 de verilmiştir. Yıllık ortalama yağış 798.1 mm, yıllık ortalama sıcaklık 14.5 C<sup>0</sup> ' dir. En soğuk ay 7.2 C<sup>0</sup> ile Ocak, en sıcak ay ise 23.6 C<sup>0</sup> ile Ağustos ayıdır. Yıllık ortalama nispi nem 73.58 mm' dir. Egemen rüzgar yönü Karayel (KB)' dir.

Yörede ılıman iklimin hakim olması nedeniyle yoğun bitki örtüsü vardır. Bu durum ilkbahar ve yaz aylarında görüş alanını ve yüzeylemeleri kapatmaktadır. Dolayısıyla jeolojik çalışmalar güç yürütülmektedir. Bitki örtüsü olarak özellikle fındık bahçeleri, sarp yerlerde kızılgaç ve kestane, yüksek kısımlarda gürgen ve çam ağaçları bulunmaktadır.



Şekil 2. Trabzon Meteoroloji İstasyonu Verilerine Göre Hazırlanmış Aylara Göre Sıcaklık Değişimleri (1993-1994 arası)



Şekil 3. Trabzon Meteoroloji İstasyonu verilerine göre hazırlanmış aylara göre yağış değişimleri (1993-1994 arası)

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

İnceleme alanının genel jeolojisini ortaya koymak amacıyla öncelikle 1/25.000 ölçekli genel jeoloji haritası yapılmış, yüzeylenen kayaçların litostratigrafik konumları ortaya konmaya çalışılmıştır.

Genel jeoloji çalışmalarından elde edilen veriler, daha önce aynı inceleme alanı ve yakın çevresinde yapılmış genel jeoloji çalışmaları ile karşılaştırılmış ve litolojik birimler denetlenmiştir. Sahada yüzeyleme veren kayaçların litolojik özelliklerini ortaya koymak amacıyla değişik lokasyonlardan alınan el örneklerinden ince kesitler hazırlanarak mikroskopik olarak incelenmiştir.

Yüzeylenen birimlerden alınan çatlak ölçüleri yardımıyla kontur diyagramları hazırlanmış, bölgedeki baskın süreksizlik konumları tespit edilmeye çalışılmıştır.

Trabzon Güney Çevre Yolu Güzergahının mühendislik jeolojisi amaçlı incelenmesi sırasında öncelikle arazi çalışmaları yapılmış, araziden alınan kaya ve zemin örnekleri ile laboratuvar çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmaları güzergaha ait mühendislik jeolojisi haritasının yapılması, kaya kütle özelliklerinin ve süreksizliklerin durumlarının belirlenmesi amacıyla yapılan gözlemsel ve deneysel çalışmalar (scanline ölçümleri, schmidt çekici ölçümleri gibi) ve laboratuvar deneyleri için kaya ve zemin örneklerinin (örselenmiş ve örselenmemiş) alınmasından ibarettir. Laboratuvar çalışmalarında ise mühendislik jeolojisi haritasında ayırtlanmış olan kaya ve zemin birimlerinin fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu özelliklerin tespiti için kayalarda tek eksenli basınç direnci, nokta yük direnci, ultrasonik hız , özgül ağırlık deneyleri ile zeminlerde kesme kutusu, kıvam limitleri, özgül ağırlık ve elek analizi deneyleri yapılmıştır.

Çalışma alanının tümünün ve sadece yol güzergahının sırasıyla 1/25.000 ve 1/10.000' lik eğim haritaları GIS (Geographical Information System) tekniği ile



hazırlanmış ve bu haritalardan 1/10.000' lik eğim haritası , sayısallaştırılmış mühendislik jeolojisi haritasındaki ayrışma mikrobölgeleri ile karşılaştırılarak kütle hareketleri açısından bir risk zonlanması yapılmıştır.

Yapılmış olan bu çalışmalarla muhtemel çevre yolu güzergahında yüzeyleyen kaya ve zeminlerin mühendislik özellikleri ve bunlara dayanarak olası mühendislik problemleri irdelenmeye çalışılmıştır.



### **3. BULGULAR**

#### **3.1. Stratigrafi ve Petrografi**

Bu bölümdeki irdeleme formatı Türkiye Stratigrafi Komitesi (1986) tarafından önerilen şekilde düzenlenmiştir. Doğu Pontid Kuzey Zonunda yer almakta olan inceleme alanında yapılan çalışmalar sonucunda aşağıdaki gibi gençten yaşlıya doğru sıralanan 6 birim ayırt edilmiştir. Arsin ve Yomra İlçelerini içine alan çalışma sahasında yüzeylenen stratigrafik istiflenmeler Şekil 4 'de (kolon kesitte) gösterilmektedir.

1. Alüvyon (Kuvaterner)
2. Seki (Kuvaterner)
3. Polijenik-Heterojen Konglomera-Breş (Pliyosen)
4. Andezit-Bazalt ve Piroklastları (Eosen)
5. Kumtaşı-Marn-Şeyl-Killi Kireçtaşı-Tüf (Üst Kretase-Paleosen)
6. Riyolit-Riyodasitik Lav ve Piroklastlar (Üst Kretase-Paleosen)

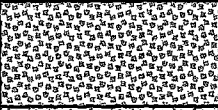
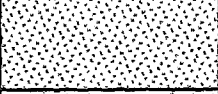
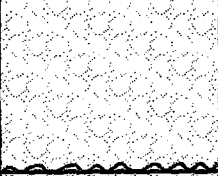

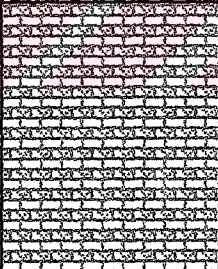
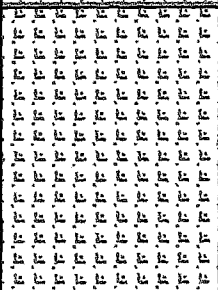
#### **3.1.1 Riyolit-Riyodasit ve Piroklastları (Çayırbağ Formasyonu)**

##### **3.1.1.1. Birim Adı ve Tip Yeri**

Tonya ilçesinin güneyindeki Kampaniyen-Mestriştiyen yaşlı Çağlayan Formasyonunun üzerinde uyumlu olarak bulunan Riyolit-Riyodasit ve Piroklastlarından oluşan asitid volkanikler , en iyi olarak Çayırbağ Köyü çevresinde görüldüğü için GÜVEN (1993) tarafından Çayırbağ formasyonu olarak adlandırılmıştır. Çayırbağ formasyonu çalışma alanı içerisinde Yomra Gürsel Mahallesi Arsin Yokuşlu , Gölcük ve Maden Köyleri ve civarında yüzeylenmektedir (Şekil 5).

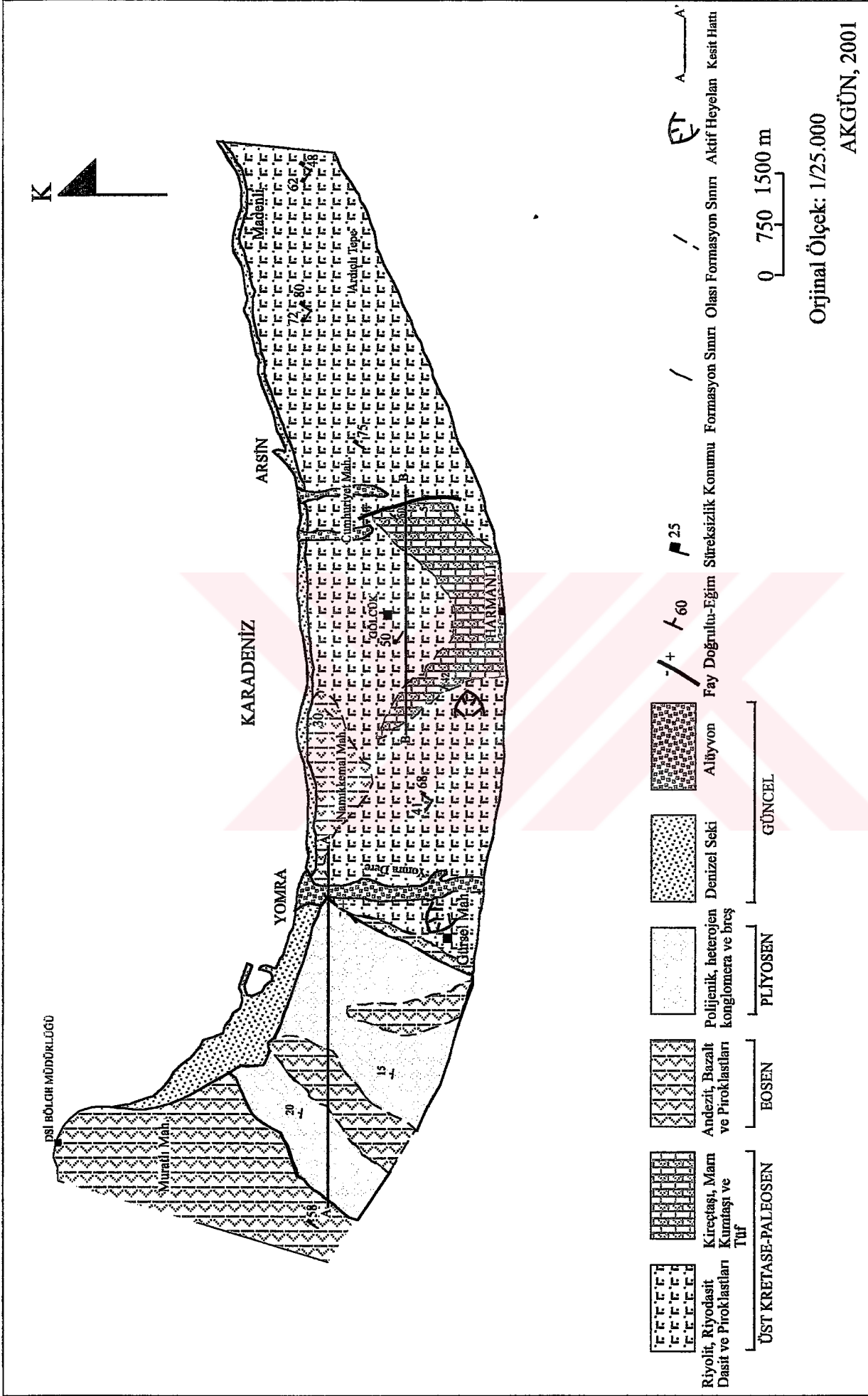
##### **3.1.1.2 Litoloji Özellikleri**

Bu birim Riyolit-Riyodasit ve piroklastlarından meydana gelmiştir. Ayrıca yer yer yüzeylemeler veren Trakit karakterli kayalar içermektedir.

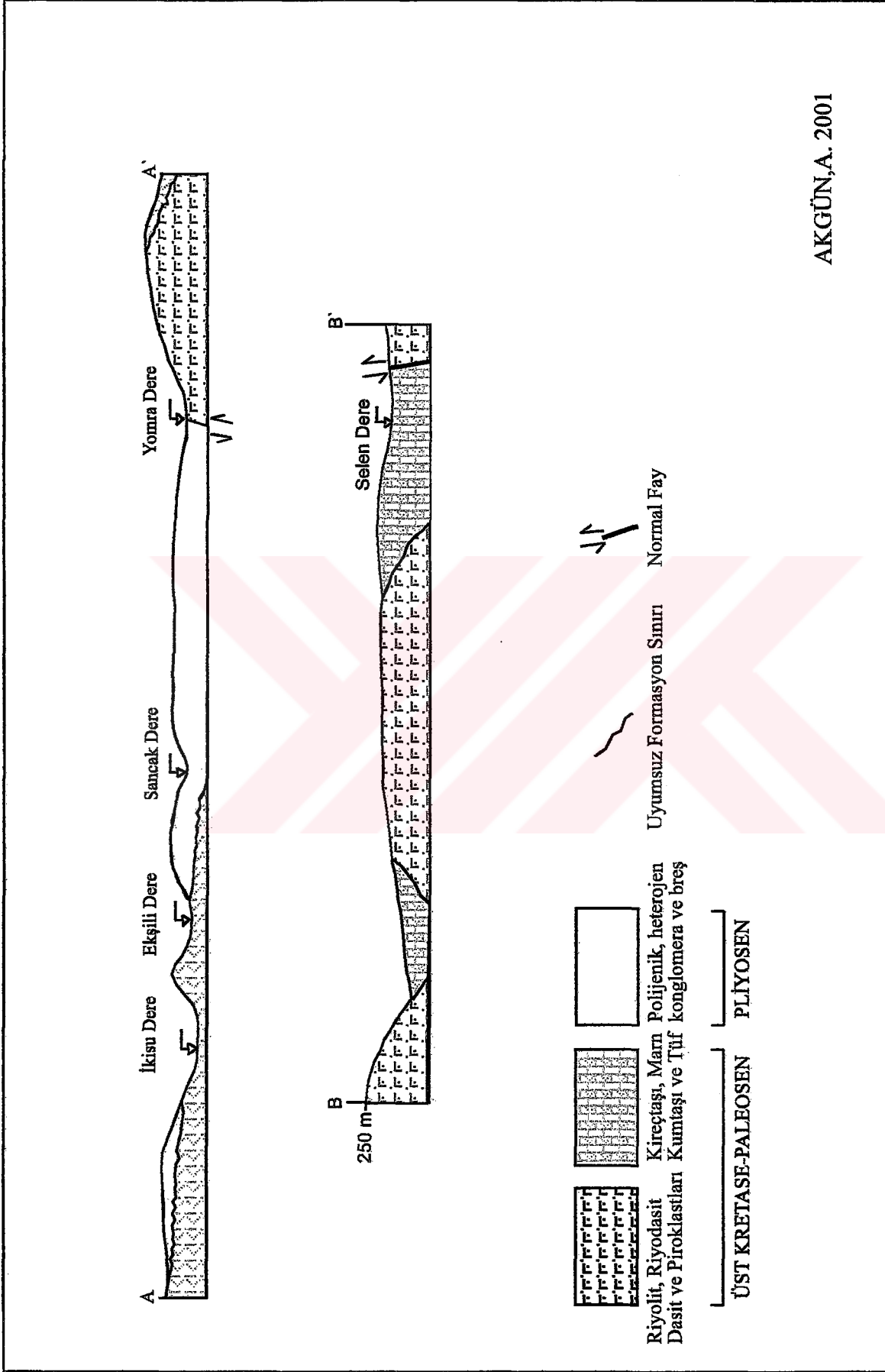
ZAMAN	DEVİR	DEVRE	FORMASYON	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENOZOİK	KUVATERNER		ALÜVYON			Alüvyon (Çakıl, Kum, Kil)
			SEKİ			Seki
	TERSİYER	PLİYOSEN	BEŞİRLİ	250		Kötü tabakalanmalı, gevşek çimentolu polijenik-heterojen konglomera-breş
		EOSEN	KABAKÖY	1000		Andezit-Bazalt ve Piroklastları
MESOZOİK	JURA- KRETASE	ÜST KRETASE-PALEOSEN	BAKIRKÖY	200		Kireçtaşı, Marn, Kumtaşı, Tüf ardalanması
			ÇAYIRBAĞ	200		Riyolit, Riyodasit, dasit ve piroklastları

ÖLÇEKSİZ

Şekil 4. Arsin-Trabzon arasının geliştirilmiş stratigrafik kolon kesiti



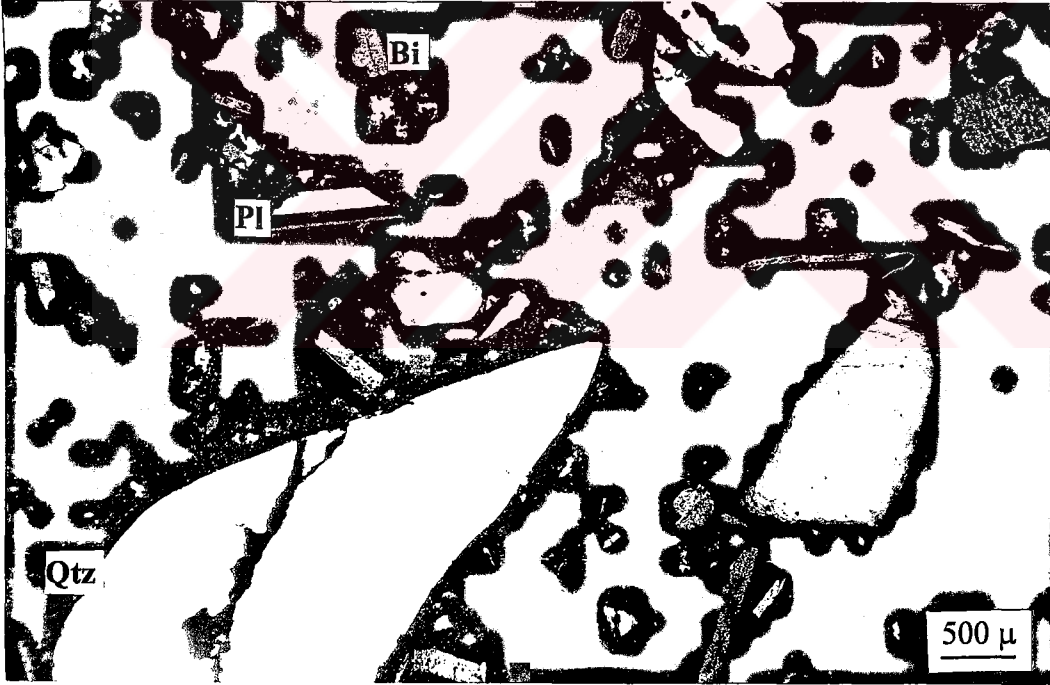
Şekil 5. Arsin-Trabzon arasının genel jeoloji haritası



AKGÜN, A. 2001

Şekil 6. Çalışma alanına ait jeolojik kesitler.

Formasyon yeşilimsi gri , pembemsi ve morumsu gri renk tonlarında gözlenmektedir. Piroklastları oluşturan elemanların boyutları 1cm. ile 10 cm arasında değişmektedir. Volkanojenik dom yapıları iyi gelişmiş olup , debi olarak kayalarda prizmatik kolon yapıları ve akma yapıları görülmektedir. Kolon yüzeylerinin teşkil ettiği süreksizlik yüzeyleri hidrotermal alterasyon ürünü olan hematit ve limonit boyamalıdır. Formasyon içerisindeki riyolitlerden alınan el örneklerinden yapılan ince kesitler incelendiğinde genelde hyalo-mikrolitik porfirik strüktür gösterdiği belirlenmiştir. Mineral olarak iri yarı özşekilli- özşekilsiz daneler halinde hamurda dağınık biçimde kırıklı ve korrode bir yapıya sahip kuvars, az miktarda, küçük ve biraz daha irice yarı özşekilli kristaller halinde plajiyoklas, hem küçük hem de biraz daha irice yarıözşekilli-özşekilli halde kısmen deforme olmuş ve açık sarımsı kahveden koyu kahveye değişen kuvvetli pleokroizma gösteren biyotit mineralleri bulunmaktadır. Hamur çoğunlukla camsı, az oranda da biyotit, opak mineraller ve kuvarstan oluşmaktadır.



Şekil 7. Biyotitli riyolit (Qtz: Kuvars, Bi: Biyotit, Pl: Plajiyoklas)



Şekil 8. Çayırbağı formasyonunun araziden bir görünümü

#### 3.1.1.3. Kalınlık

Formasyonun kalınlığının önceki çalışmalardan faydalanılarak 400m. olduğu bilinmektedir (Güven, 1993).

#### 3.1.1.4. Alt - Üst ve Yanal Sınırlar

Çayırbağı formasyonu üstten Bakırköy formasyonu ile uyumlu olarak üstlenmektedir. Alt sınır ise çalışma alanı sınırları içerisinde gözlenememektedir. Ayrıca önceki çalışmalardan Çayırbağı Formasyonunun Trakiandezitik karakterli kayaç ve piroklastlarından oluşan Tirebolu formasyonu ile stratigrafik olarak aynı konumda yer aldığı bilinmektedir.

#### 3.1.1.5. Yaş ve Fosil Topluluğu

Çayırbağı Formasyonunun içinde yaş verebilecek tortul birim mevcut değildir. Ancak önceki çalışmalardan faydalandığında Kampaniyen-Mestriştien yaşlı Çağlayan formasyonunun üzerinde uyumlu olması ve Mestriştien-Paleosen yaşlı Ağıllar ve

Bakırköy formasyonları ile de uyumlu olarak örtülmesi sebebiyle formasyonun yaşı Mestriştıyen olarak kabul edilmektedir.

### **3.1.1.6. Deneştirme**

Çayırbağı Formasyonu, Saraç (1996)' ın mor dasitleri, Taşhan (1993)' ın İri kuvarslı dasiti ve Hanedan (1994)'ın dasit ve piroklastları ile deneştirilebilir özelliktedir.

### **3.1.2. Kumtaşı , Marn , Killi Kireçtaşı (Bakırköy Formasyonu)**

#### **3.1.2.1. Birim Adı ve Tip Yeri**

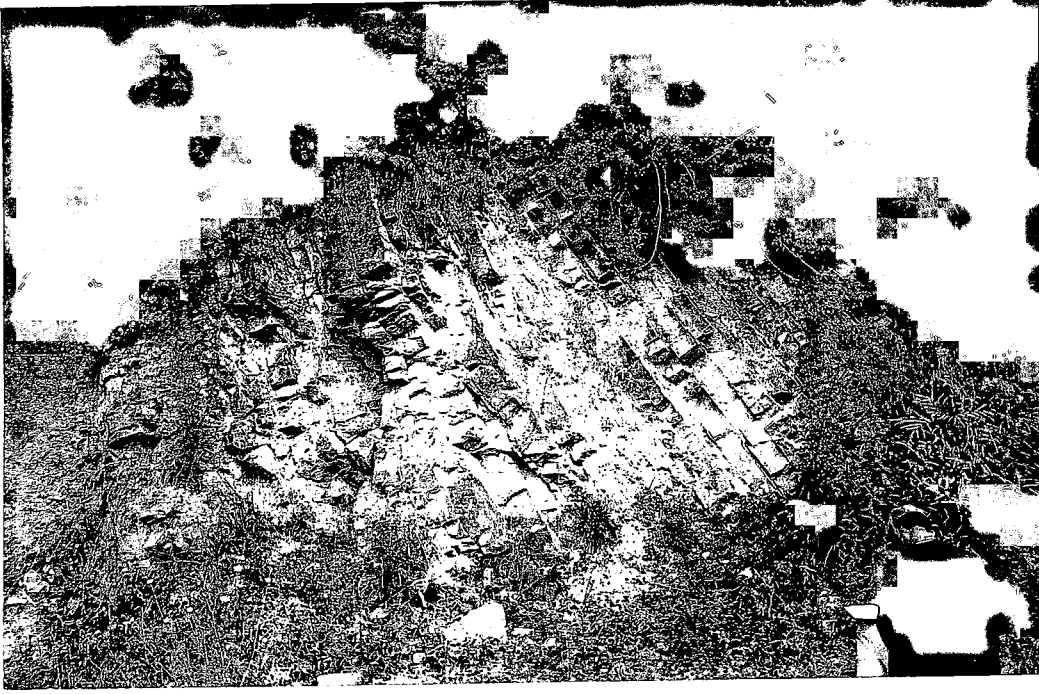
Doğu Pontid Kuzey Zonunda Üst Kretase döneminde asit ve bazik volkanik aktivitenin faaliyetlerini tamamlamasından sonra sığ ve derin denizel havzalarda türbiditik veya resifal çökeller Doğu Pontid Kuzey Zonunda Bakırköy Formasyonu olarak haritalanmıştır. Birim Artvin İli kuzeyinde Bakırköy yöresindeki tipik kesitlerinden faydalanılarak GÜVEN (1993) tarafından tanımlanmıştır.

Bakırköy Formasyonu inceleme alanında Arsin Niyazioğlu Mahallesi , Cumhuriyet Mahallesi ve Harmanlı Köyü ve civarında yüzeylenmektedir.

#### **3.1.2.2. Litoloji Özellikleri**

Formasyon genellikle gri renkli marn , gri beyaz renkli killi kireçtaşı , şeyl, kumlu kireçtaşı , asidik karakterli tüffit ve az oranda da kumtaşlarından oluşmuştur. İnce ve orta kalınlıkta tabakalı yapı izlenir. Formasyonun tortul kökenli olması ve faylanmaların gözlenmiş olduğu yerlerde yer yer milonitleşme ve hidrotermal alterasyon ürünü olan hematit ve limonit boyamalar gözlenmektedir.





Şekil 9. Bakırköy formasyonun araziden bir görünümü.

#### **3.1.2.3. Kalınlık**

Formasyonun kalınlığı kesin olmamakla birlikte önceki çalışmalara göre 100-250 m arasında olduğu bilinmektedir.

#### **3.1.2.4. Alt-Üst ve Yanal Sınırlar**

İnceleme alanı içerisinde Çayırbağı Formasyonu tarafından uyumlu olarak altlanmakta, Kabaköy Formasyonu tarafından ise uyumsuz olarak üstlenmektedir. Çalışma alanında yanal bir geçiş gözlenmemekle beraber önceki çalışmalardan formasyonun Tonya yöresinde Ağıllar Formasyonu ile yanal geçişli olduğu bilinmektedir.

#### **3.1.2.5. Fosil Topluluğu ve Yaş**

Formasyon içerisindeki kırmızı renkli biyomikritlerden alınan el örneğinden yapılan ince kesit yardımıyla şu mikrofosillerin varlığı belirlenmiştir:

*Margirotuncana pseudolinneiana*

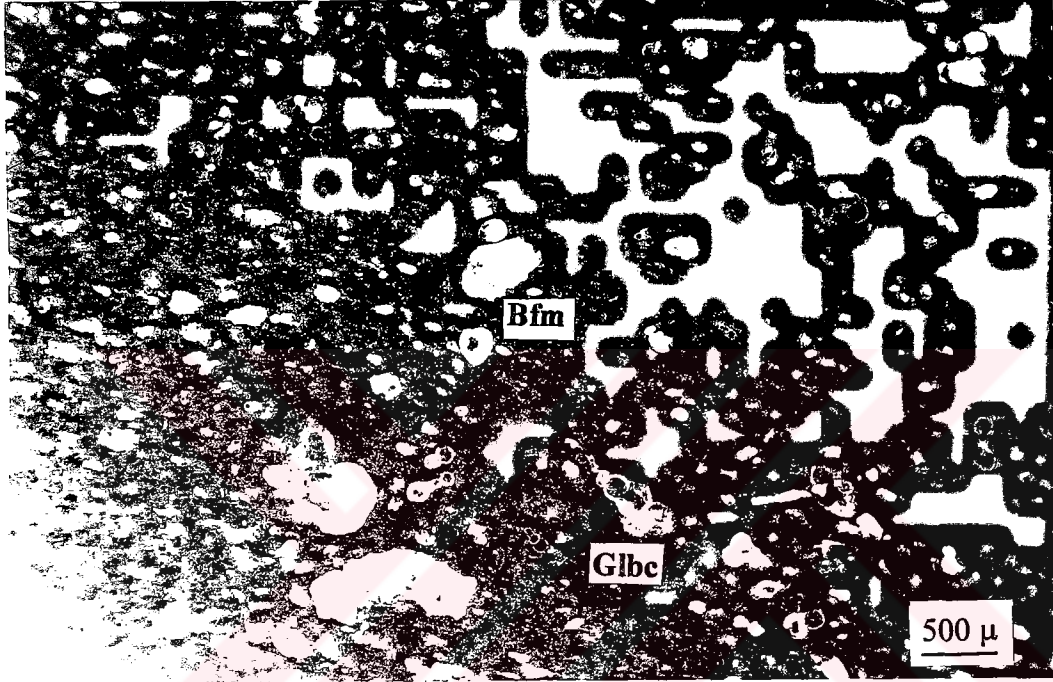
*Globigerinelloidea sp.*

*Hedbergella sp.*

*Dicarinella sp.*

Tayin: Yard. Doç. Dr. Sibel ÖZGÜR

Buna göre formasyonun yaşı Üst Kretase-Paleosen (Turoniyen-Santoniyen) olarak tesbit edilmiştir.



Şekil 10. Kırmızı kireçtaşının mikroskobik görünümü (Glbc:Globotruncanid, Bfm: Bentik Foraminifer )

### 3.1.2.6. Deneştirme

Bakırköy Formasyonu Hanedan (1994)' in kilitaşı, marn ve kireçtaşı ardalalanması, Taşhan (1993)' in pelitik sedimanter serisi, Saraç (1996)' in Volkanotortul Serisi, Korkmaz (1992)' in Cankurtaran Grubu ile deneştirilebilir niteliktedir.

### **3.1.3. Andezit, Bazalt ve Piroklastları (Kabaköy Formasyonu)**

#### **3.1.3.1. Birim Adı ve Tip Yeri**

Gümüşhane ilinin Güneydoğusunda izlenen Alt-Orta Eosen yaşlı birimin Kabaköy civarında en iyi şekilde görülmesi dolayısıyla GÜVEN (1993) tarafından Kabaköy Formasyonu olarak adlandırılmıştır.

İnceleme alanın batısında Muratlı Mahallesi, İncirlik Mahallesi ve Sancak Mahallesi, kuzeyinde Namıkkemal Mahallesi ve doğusunda Ardıçtepe mevkiinde gözlenmektedir.

#### **3.1.3.2. Litoloji Özellikleri**

Formasyon kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve marn ara seviyeleri içeren gri-yeşilimsi gri renkli andezit ve piroklastları ile yine yeşilimsi-gri renkli, bol ojitli ve hornblendli bazalt ve piroklastlarından oluşur. Ancak birimlerin yoğun alterasyonu ve ayrışması nedeni ile özellikle çatlak yüzeylerinde yer yer limonitleşme ve hematitleşme görülmekte, bundan dolayı makroskobik olarak tanımlanması güçleşmektedir. Bu birimden alınan doloritik el örneğinden yapılan ince kesitte strüktür olarak entergranüler-mikrolitik porfirik strüktür gözlenmiştir. Mineral olarak açık renkli minerallerin tümünü oluşturan, genellikle küçük dikdörtgenimsi mikrolitik kristaller halinde , az oranda da daha büyük kristaller halinde plajiyoklas, küçük, karemsi-dikdörtgenimsi kristal boyutundan çok iri kristal boyutuna değişen, tek nikolde renksiz olup iri kristallerinde dilinimin oldukça belirgin olduğu ojit cinsi klinopiroksen, küçük kristaller veya iğnemsî kristaller halinde hamurda mevcut olup kuvvetli kahverengi pleokroizma ile tipik olan ve yer yer epidotlarla birlikte izlenen biyotitten oluşmaktadır. Hamurda genel olarak opak mineraller yaygındır.



Şekil 11. Doloritin mikroskobik görünümü (Cpx:Klinopiroksen, Pl: Plajiyoklas)

### 3.1.3.3. Kalınlık

Formasyonun kalınlığının önceki çalışmalara dayanılarak 800 m olduğu bilinmektedir.

### 3.1.3.4. Alt- Üst ve Yanal Sınırlar

Kabaköy formasyonu çalışma alanı sınırları içerisinde Üst Kretase- Paleosen birimlerinin üzerine aşınma uyumsuzluğu ile oturmaktadır. Üstten ise Pliyosen yaşlı Beşirli Formasyonu olarak isimlendirilen konglomera ve breşler tarafından üstlenmektedir. Yanal bir geçiş sınırı inceleme sahası içerisinde gözlenememiştir.

### 3.1.3.5. Fosil Topluluğu ve Yaş

Kabaköy formasyonuna yaş verebilecek nitelikte fosil tesbit edilemediğinden dolayı formasyonunun yaşı önceki çalışmalardan faydalanılarak Alt-Orta Eosen olarak belirlenmiştir.

### 3.1.3.6. Deneştirme

Kabaköy formasyonu Taşhan (1993)' ın Eosen yaşlı Bazaltik Piroklastları, Hanedan (1994)' ın Üst Kretase yaşlı Bazaltik-Andezitik Piroklastları ve Saraç (1996)' ın Üst Kretase yaşlı Bilenler Bazaltı ile korele edilebilir niteliktedir.

### 3.1.4. Konglomera ve Breş (Beşirli Formasyonu)

#### 3.1.4.1. Birim Adı ve Tip Yeri

Formasyon GÜVEN (1993) tarafından tanımlanmış ve tipik olarak Trabzon ili merkezinde Beşirli beldesinde en iyi görüldüğü için bu isimle adlandırılmıştır. Birim çalışma alanının batısında İncirlik Mahallesi, Sancak Mahallesi ve civarında gözlenmektedir.

#### 3.1.4.2. Litoloji Özellikleri

Formasyon genellikle kötü katmanlı, gevşek çimentolu, polijenik heterojen konglomera ve breşten oluşmaktadır. İçinde yer yer iri daneli kumtaşları ile kalın ve kötü katmanlı kumlu kireçtaşı ve bazaltik aglomeralar izlenir.

#### 3.1.4.3. Kalınlık

Formasyonun kalınlığı önceki çalışmalardan 250 m olarak tespit edilmiştir.

#### 3.1.4.4. Alt- Üst ve Yanal Sınırlar

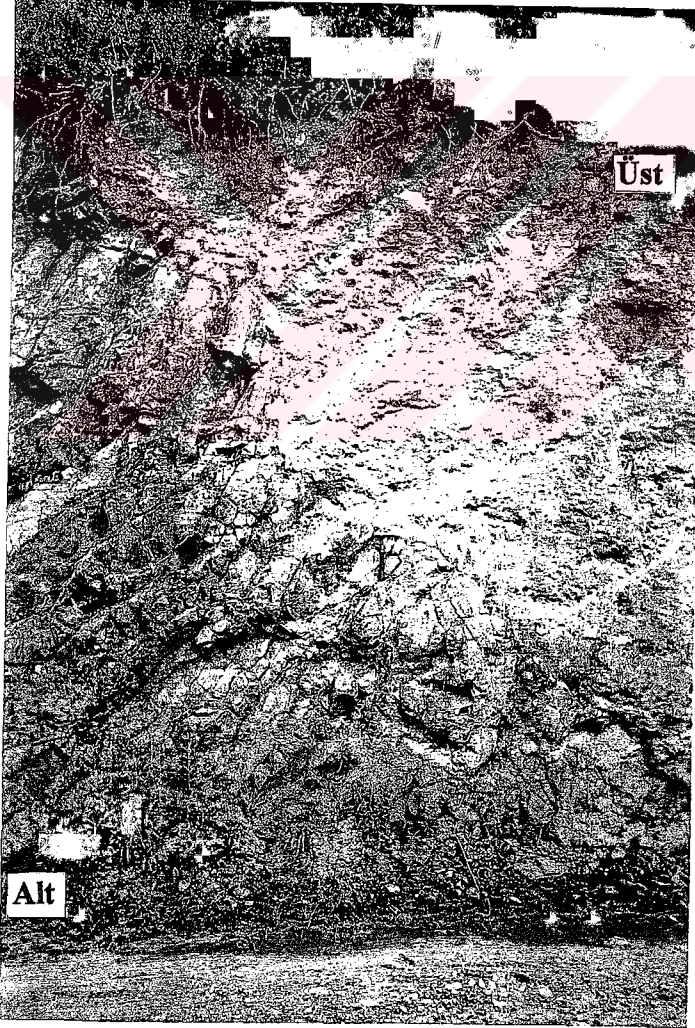
Beşirli Formasyonu çalışma alanı içerisinde alttan Kabaköy formasyonu ile uyumsuz, üstten ise güncel sekiler tarafından sınırlandırılmıştır. Yanal bir sınır geçişi çalışma alanı sınırları dahilinde mevcut değildir.

### 3.1.4.5. Fosil Topluluğu ve Yaşı

Formasyona yaş verebilecek nitelik ve sayıda fosil bulunamadığından önceki çalışmalara dayandırılarak, birimin Eosen formasyonları üzerine uyumsuzlukla oturması nedeniyle göreceli olarak Pliyosen yaşlı olduğu belirlenmiştir.

### 3.1.4.6. Deneştirme

Beşirli formasyonu Korkmaz ve Gedik (1988)'in Hamidiye Formasyonu, Pelin (1977)'in Karabörk formasyonu, Ađar (1977)'in Karaçayır formasyonu ve Korkmaz (1993)'in Düzköy-Karadađ Formasyonu ile deneştirilebilir özelliktedir.



Şekil 12. Kabaköy-Beşirli formasyonları sınırının araziden bir görünümü  
(Alt: Kabaköy Formasyonu , Üst: Beşirli Formasyonu)

### 3.1.5. Sekiler

Çalışma alanının kuzeyinde sahil kesiminde dar bir şerit halinde yayılım gösterirler. En geniş yayılımı Yomra ilçe merkezinde gözlenir. Topoğrafik yükseltilere göre altı seviye halinde izlenirler. Tüm sekiler benzer özelliklere sahiptir. Blok, çakıl, kum, silt ve kil boyutundaki elemanlardan oluşan sekilerin baskın elemanını kum ve çakıl oluşturur. Çakıllar genellikle yassı ve elipsoidal biçimlidir. Boyutları 2-60 mm arasında değişir. İçlerinde bazen 40-50 cm boyutunda bloklarda izlenmektedir. Kalınlıkları yer yer 0.5 m ile 10 m arasında değişmektedir. Yaşları Kuvaternerdir.

### 3.1.6. Alüvyonlar

Çalışma alanı içerisinde irili ufaklı akarsu vadilerinde oluşmuş kumlu, siltli, çakıllı ve bloklu malzemelerdir. Yomra Deresi ve Arsin Deresi vadilerinde en yoğun şekilde gözlenmektedir. Yomra Deresi vadisinde oluşmuş alüvyonların genişliği 50-250 m, uzunluğu karayolu köprüsünden itibaren 3 km kadardır. Alüvyon kalınlığı önceki çalışmalardan yararlanılarak jeofizik etüdler yardımıyla 16-23 m olarak belirlenmiştir. Arsin dere vadisinde oluşmuş olan alüvyonların genişliği 100-150 m, uzunluğu ise 500-1000 m kadardır. Kalınlığı ise yine önceki çalışmalardan 15-20 m olarak tespit edilmiştir.

## 3.2. Yapısal Jeoloji

İnceleme alanındaki yapısal unsurlar tabakalar, çatlaklar, faylar ve yersel kıvrımlar olarak belirlenmiştir.

### 3.2.1. Tabakalar

Tabakalı yapı inceleme alanında, Üst Kretase- Paleosen yaşlı kumtaşı, kireçtaşı, marn, ve tüfler ile Pliyosen yaşlı konglomera ve breşlerde gözlenmektedir. Ayrıca diğer piroklastik birimler içerisinde de yer yer tabakalı yapılara rastlanmaktadır. Tabaka doğrultuları Üst Kretase- Paleosen birimleri içerisinde KB-GD ve KD-GB duruşludur. Tabaka eğimleri Üst Kretase-Paleosen birimlerinde 45<sup>0</sup>-55<sup>0</sup> arasında olup yer yer

faylanmadan ötürü bu değer  $5^{\circ}$  'e kadar inmektedir. Pliyosen biriminde ise eğim değeri  $15^{\circ}$ - $20^{\circ}$  arasındadır.

### 3.2.2. Çatlaklar

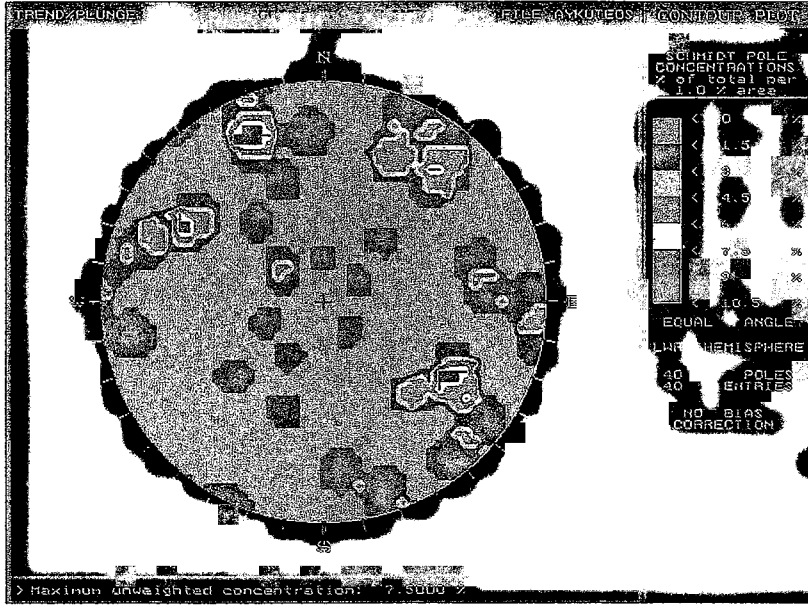
Doğu Pontid Kuzey Zonunda yer alan çalışma sahasındaki kayaçlar tektonik gelişime bağlı olarak çatlaklı bir yapı göstermektedir. Ancak bu çatlakların büyük bir çoğunluğunu özellikle Üst Kretase- Paleosen yaşlı Riyolit- Riyodasit birimlerinde soğumaya bağlı olarak meydana gelmişlerdir. Çatlak yüzeyleri hidrotermal alterasyon sonucu gelişmiş limonit ve hematit boyamalı olup genellikle düz, yer yer de pürüzlü ve pürüzlü-ondülasyonludur.

İnceleme alanındaki hakim çatlak konumlarını belirlemek amacıyla eş alanlı stereografik projeksiyon ağı kullanılarak Üst Kretase-Paleosen yaşlı kireçtaşı, marn, tuf ve kumtaşı birimleri ve bazalt birimi için kontur diyagramı hazırlanmıştır (Şekil 13 ve 14) Hazırlanan kontur diyagramlarından elde edilen hakim çatlak konumlarının Üst Kretase-Paleosen birimleri için  $N35E/64SE$ ,  $N52E/77SE$ ,  $N45E/61NW$  ve  $N38W/72SW$  olarak, Eosen birimleri içinse  $N20W/75NE$  ve  $N3W/50SW$  olarak tespit edilmiştir.

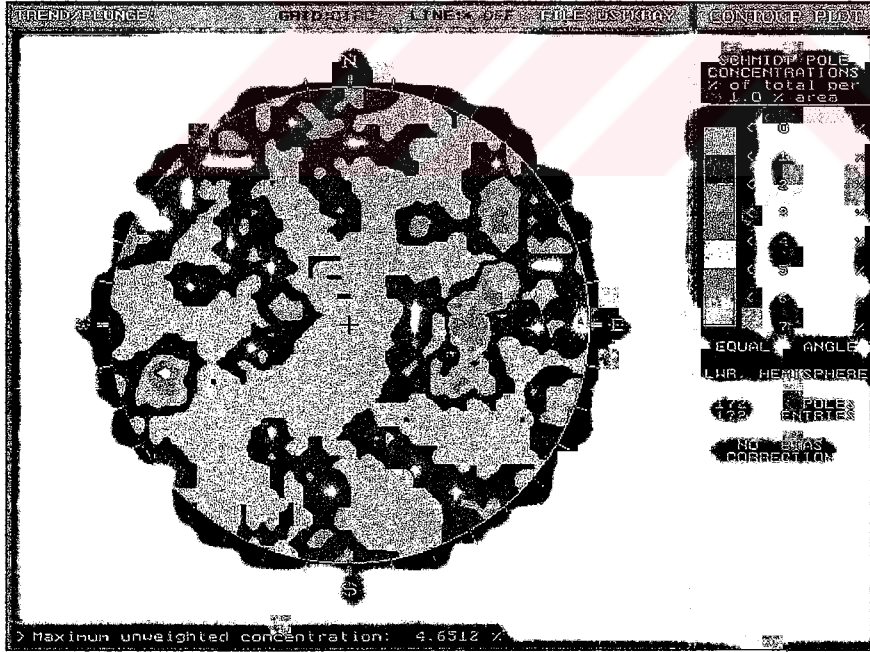
### 3.2.3. Faylar

İnceleme alanının yoğun bitki örtüsü ile kapalı olması nedeniyle genellikle fay hatlarının net bir biçimde gözlenmesi mümkün olmamıştır. Ancak Cumhuriyet Mahallesiinde Üst Kretase-Paleosen birimleri içerisinde yer alan ve tortul birim ile Riyolit-Riyodasit birimlerinin sınırı şeklinde gözlenen düşey atımlı normal fay ile Yomra derenin KB sında yer alan ve Pliosen- Üst Kretase-Paleosen birimlerinin sınırını oluşturan yine düşey atımlı normal fay net olarak gözlenebilmiştir (Sekil 5).





Şekil 13. Eosen birimlerinden alınan 40 çatlak ölçüsüne göre DIPS programında çizdirilmiş kontur diyagramı.



Şekil 14. Üst Kretase- Paleosen birimlerinden alınan 172 çatlak ölçüsüne göre DIPS programında çizdirilmiş kontur diyagramı

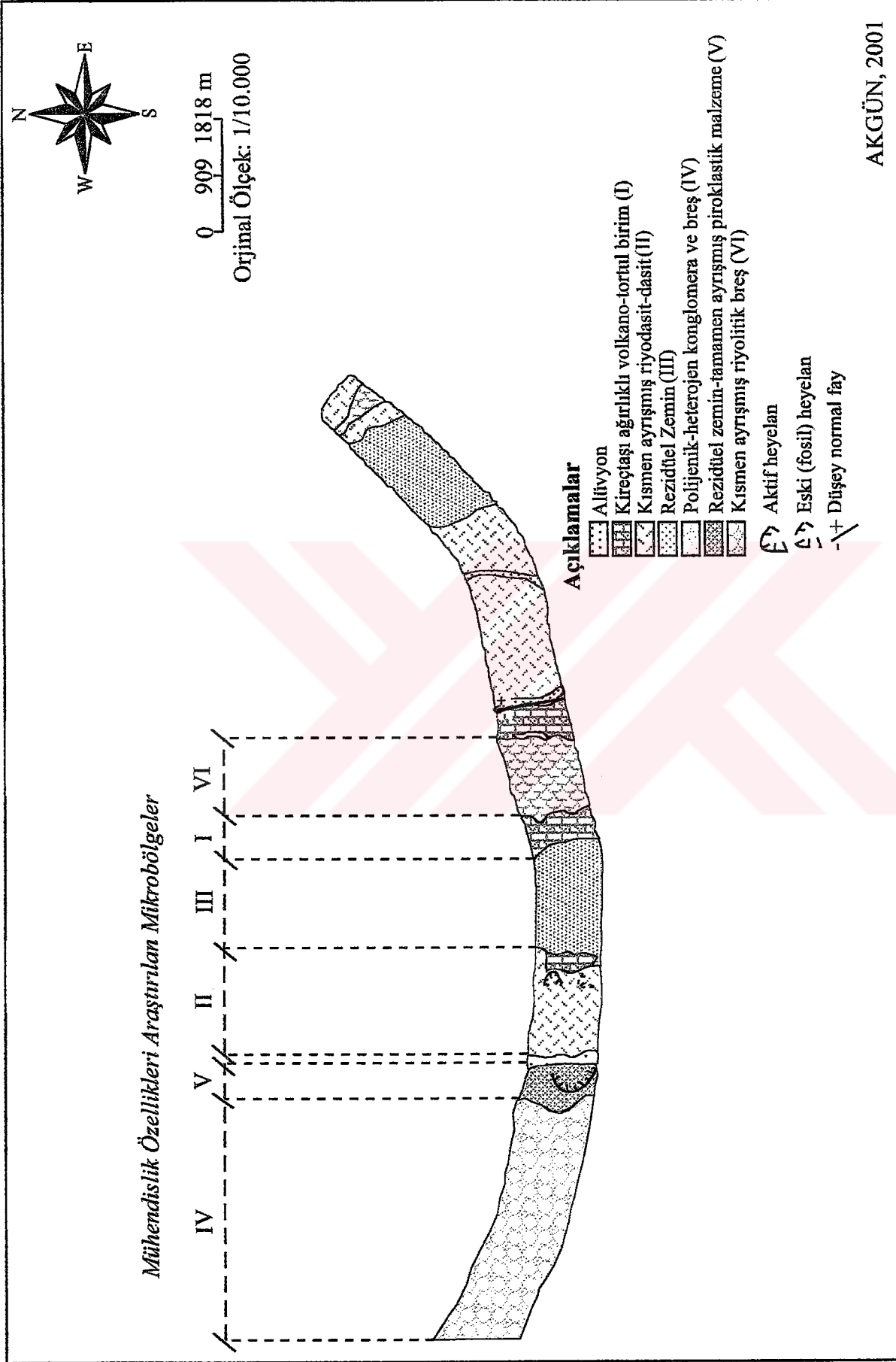
### **3.3. Mühendislik Jeolojisi**

Bu bölümde Trabzon Güney Çevre Yolu güzergahının Arsin -Yomra arasında kalan yaklaşık 15 km uzunluğunda ve 1 km genişliğindeki kısmının mühendislik jeolojisi ele alınmaktadır. Bu amaçla öncelikle çalışılan güzergah boyunca yüzeylenen kayaç ve zeminlerin mühendislik amaçlı olarak fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Bunun için çalışma alanının mühendislik amaçlı incelenmesi maksadıyla 1/10.000 ölçeğinde mühendislik jeolojisi haritası hazırlanarak kayaç ve zemin karakterindeki litolojik birimler ayrışma durumları baz alınarak haritalanmıştır. Bu harita daha sonra yapılacak olan kütle hareketleri risk bölgelendirmesinde önemli bir altlık teşkil edecektir. Haritalanan birimlerin fiziksel ve mekanik özellikleri hem arazi hem de laboratuvarında yapılan deney ve tanımlayıcı (descriptive) gözlemlerle belirlenmeye çalışılmıştır.

#### **3.3.1. Kaya ve Zeminlerin Mühendislik Jeolojisi Amaçlı Bölgelendirmesi**

Bir mühendislik projesinde söz konusu bölgedeki kaya ve zeminlerin jeoteknik özelliklerinin bilinmesi, fizibilite ve dizayn aşamasında çok önemli bir yer tutmaktadır. Bu amaçla çalışma alanındaki birimlerin iklim, topografya, ve jeolojik süreç gibi parametreler dikkate alınarak değerlendirilmesi ve haritalanması oldukça önemlidir. Bu husus dikkate alınarak çalışma alanındaki birimler ilksel olarak ayrışma durumları baz alınmak suretiyle 6 mikro bölgeye ayrılmıştır (Şekil 15). Çalışma alanının mühendislik jeolojisi haritası birimlerin ayrışma durumları dikkate alınarak yapılmıştır. Bunun yanında çalışma güzergahı boyunca rastlanan fosil ve aktif heyelanlar haritaya işaretlenmiştir.

Bu kapsamda haritalanan birimler ayrışma durumlarına ve kaya veya zemin olmalarına göre I.,II.,... bölge olarak ayırt edilmiş ve bunların mühendislik özellikleri belirlenmiştir.



Şekil 15. Yol güzergahına ait mühendislik jeolojisi haritası.

### 3.3.2. I. Bölge Kayaçlarının Mühendislik Özellikleri

#### 3.3.2.1. Kayaçların Süreksizlik Özellikleri

##### 3.3.2.1.1 Kaya Kalitesi Özelliği

I. Bölge olarak isimlendirilen ve kireçtaşı, marn ve tuf ardaşımından oluşan tortul istif çalışma alanında Niyazioğlu, Cumhuriyet mahallesi ve civarında yüzeylenmekte olup birim içerisinde kırmızı renkli mikritik kireçtaşlarının baskın olarak bulunması nedeniyle sadece bu birimin mühendislik özellikleri irdelenmiştir. Bu amaçla yüzeylemelerden alınan scan line ölçümleri yardımıyla tespit edilen çatlak izleri kullanılarak RQD (Rock Quality Designation) değeri bulunmaya çalışılmıştır.

Bu amaçla yüzeylemelerde RQD değerinin belirlenmesinde kullanılan Priest ve Hudson (1986) tarafından önerilen aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$RQD = 100 \times e^{-0.1 \lambda} \times (0.1 \lambda + 1) \quad (1)$$

Bu eşitlikte ; RQD: Kaya kalitesi özelliği (%)

$\lambda$ : 1 m uzunluktaki ortalama çatlak sayısıdır.

Yüzeylemelerde yapılan Scan Line ölçümleri sonucunda bulunan RQD değeri Tablo 1’de verilmektedir.

Tablo 1. I. Bölge kayalarına ait RQD değeri ve kayanın genel sınıflamadaki yeri

Kaya Kalitesi Özelliği (Deer,1963)		Kaya Türü: Kırmızı renkli mikritik kireçtaşı	
Kaya Kalitesi Tanımı	RQD (%)	Bulunan RQD Değeri	
Çok Kötü	<25	<b>85.11</b>	
Kötü	25-50		
Orta	50-75		
İyi	75-90		
Çok İyi	90-100		

Tablo 1 den de anlaşılacağı gibi istifin baskın kısmını oluşturan kireçtaşlarının RQD sınıflamasına göre kaya kalitesi “İyi Kaliteli” kaya sınıfına girmektedir. Bu değer daha sonra birimin kaya kütle sınıflamasındaki yerinin tespitinde bir parametre olarak kullanılacaktır.

### 3.3.2.1.2. Süreksizlik Ara Uzaklığı ve Açıklığı

Bu birimdeki en önemli süreksizlikler fay, tabaka ve çatlaklardır. Birimin mühendislik özelliklerine direkt etki edecek olan fayın düşey bir fay olduğu düşünülmekte olup fay yüzeyleri çıplak olarak görülmemekte, dolayısıyla fiziksel özelliklerini net olarak tanımlamak mümkün olmamaktadır. Sadece yüzeyde yoğun bir milonitleşme faylanmayı temsil etmektedir. Diğer süreksizliklerden tabakalar yüzeylemede rahatça gözlenebilmekte olup tabaka kalınlıkları ölçülmüştür. Ölçülen tabaka kalınlıklarına göre ortalama tabaka kalınlıklarının 10-30 cm arasında değiştiği gözlenmiş, Deer (1963)’ in önerdiği sınıflamaya göre “İnce Tabakalı Kaya” sınıfına girdiği tespit edilmiştir. Bu birimdeki diğer süreksizlikler olan çatlaklarda ise çatlak ara uzaklıklarının 30-40 cm arasında olduğu gözlenmiş, Deer (1963) tarafından önerilen sınıflamaya göre “Orta Çatlaklı Kaya” olarak sınıflandırılmıştır. Çatlak açıklıklarının ise 1-5 mm arasında olduğu tespit edilmiştir. Bu nitelikte ISRM (1975) tarafından önerilen sınıflanmaya göre “Orta-Geniş Açıklıklı” olarak sınıflandırılmıştır.

Tablo 2. Tabaka kalınlıklarına göre kayanın sınıflandırılması

<b>Tabaka Kalınlığı Sınıflaması</b>	<b>Kaya Türü: Kırmızı renkli mikritik kireçtaşı</b>	
<b>Kaya Tanımı</b>	<b>Tabaka Kalınlığı (cm)</b>	<b>Ölçülen Tabaka Kalınlığı Değeri</b>
Çok Kalın Tabakalı	<300	<b>10-30</b>
Kalın Tabakalı	300-100	
Orta Tabakalı	100-30	
İnce Tabakalı	30-5	
Çok İnce Tabakalı	<5	

Tablo 3. Kireçtaşı kayaç yüzeylemelerinde ölçülen çatlak ara uzaklıklarına göre kayanın sınıflandırılması.

<b>Çatlak Ara Uzaklığı (Deer,1963)</b>	<b>Kaya Türü: Kırmızı renkli mikritik kireçtaşı</b>	
<b>Çatlak Özelliği</b>	<b>Çatlak Ara Uzaklığı (cm)</b>	<b>Bulunan Çatlak Ara Uzaklığı Değeri</b>
Çok Sık	<5	<b>30-40</b>
Sık	5-30	
Orta	30-100	
Seyrek	100-300	
Çok Seyrek	>300	

Tablo 4. Kireçtaşı kayaç yüzeylemelerinde ölçülen çatlak açıklıklarına göre kayanın sınıflandırılması.

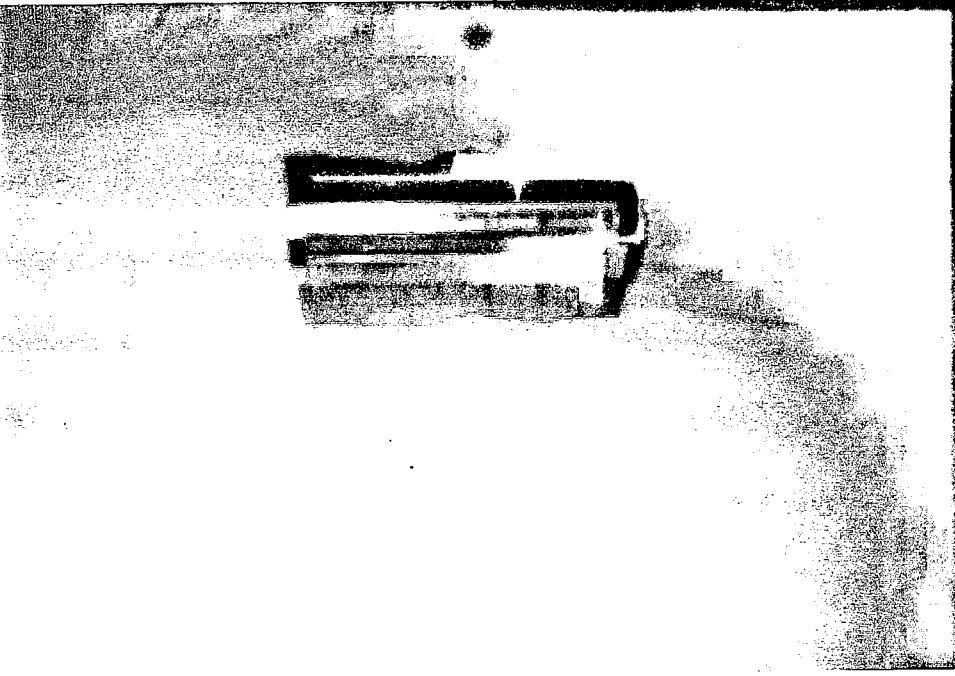
Çatlak Açıklığı (ISRM-1975)	Kaya Türü: Kırmızı renkli mikritik kireçtaşı	
Tanımlama	Çatlak Açıklığı (mm)	Ölçülen Çatlak Açıklıkları
Çok Sıkı	<0.1	
Sıkı	0.1-0.5	
Orta	0.5-2.5	1
Geniş	2.5-10	5
Çok Geniş	>10	

### 3.3.2.1.3. Süreksizlik Dolguları

Fay olarak yorumlanan kısımda milonitleşme sonucu oluşmuş killi bir malzeme dolgu görevi görmektedir. Çatlaklar genellikle dolgusuz olup seyrek olarak kalsit ve kil dolgularda gözlenmektedir. Killer sarımsı kahve renkli, kalsit dolgular ise beyaz renklidir. Dolgular genel olarak damar şeklindedir.

### 3.3.2.1.4. Süreksizlik Yüzeylerinin Pürüzlülüğü

Süreksizliklerin fizikomekanik özellikleri üzerine en fazla etkili olduğu parametrelerden biri de pürüzlülüktür. Özellikle kaya şevlerinde şev duraylılığına önemli ölçüde etkide bulunması dikkatli ve hassas irdelemeleri gerektirmektedir. 1. Bölge kayaçlarının çatlak yüzü pürüzlülüğünün saptanmasında Barton ve Choubey,(1977) tarafından önerilen JRC (Joint Roughness Coefficient) indeks değerleri kullanılmıştır (Şekil 17). Bu amaçla Şekil 16 de gösterilen “tarak aleti” ile çatlak yüzeylerinin süreksizlik doğrultusuna dik ve paralel yönlerde ikinci derece pürüzlülük profilleri alınmıştır. Buna göre doğrultuya dik yöndeki pürüzlülük değerinin 2-4 JRC değerine karşılık geldiği, doğrultuya paralel yöndeki pürüzlülük değerinin ise 4-6 JRC değerine karşılık geldiği belirlenmiştir.



Şekil 16. Pürüzlülük ölçümünde kullanılan tarak aleti

	JRC Değeri
	0 - 2
	2 - 4
	4 - 6
	6 - 8
	8 - 10
	10 - 12
	12 - 14
	14 - 16
	16 - 18
	18 - 20

Şekil 17. Tipik süreksizlik pürüzlülük profilleri ve ilişkili JRC değerleri (Barton ve Choubey, 1977 ' den).

### 3.3.2.1.5. Kayaçta Ayrışma Durumu

Kireçtaşlarında fiziksel bir ayrışma söz konusu değildir. Sadece birimdeki faylanmadan ötürü gelişen milonitleşme fiziksel bir parçalanmayı temsil etmektedir. Ancak bunun yanısıra



süreksizlik yüzeylerinde hidrotermal aktivasyon sonucu gelişmiş olan limonit ve hematit boyamalarından söz etmek mümkündür.

### **3.3.2.2. I. Bölge Kayaçlarının Fizikomekanik Özellikleri**

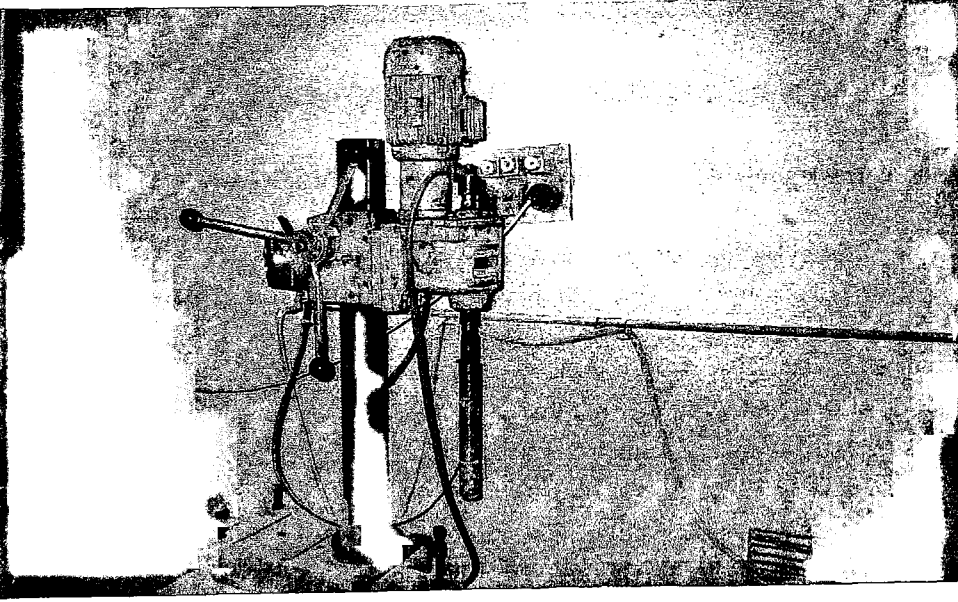
I.Bölgeyi oluşturan birimlerden baskın olması nedeniyle kırmızı renkli kireçtaşlarının fizikomekanik özelliklerinin irdelendiği daha önce açıklanmıştır. Bu amaçla araziden alınan bloklardan çıkarılan karot örnekleri ve şekilsiz örnekler üzerinde laboratuvarda yapılan deneylerle ve arazide kaya kütlesi üzerinde yapılan basit deney ve tanımlayıcı gözlemlerle kayanın fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu amaçla kaya bloklarından karot örneklerinin çıkarılması ve bunların deneye hazır hale getirilmesi süreçleri aşağıda açıklanmaktadır.

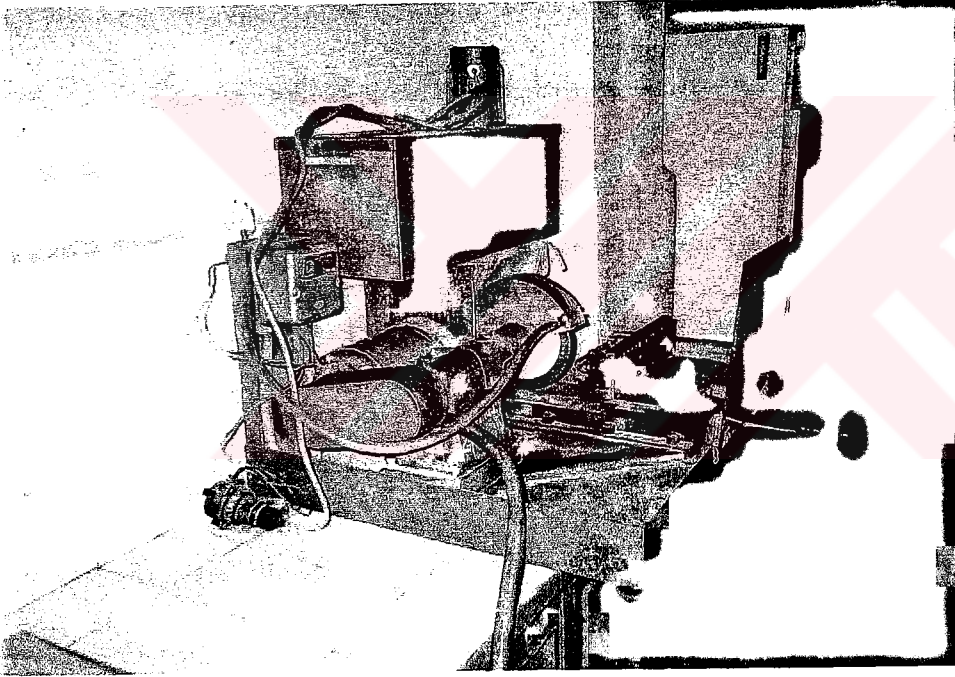
#### **3.3.2.2.1. Deney Örneklerinin Hazırlanması**

I. Bölgeyi oluşturan hakim yoğunluktaki kireçtaşı tabakalarından alınmıştır. Blok alımı sırasında yönler ve tabaka yüzeyleri işaretlenmiştir. Daha sonra laboratuvar tipi sondaj makinası kullanılarak (Şekil 18) tabaka yüzeylerine dik yönde 10 adet karot alınmıştır. Karotiyer olarak 38 mm çaplı karotiyer kullanılmıştır.

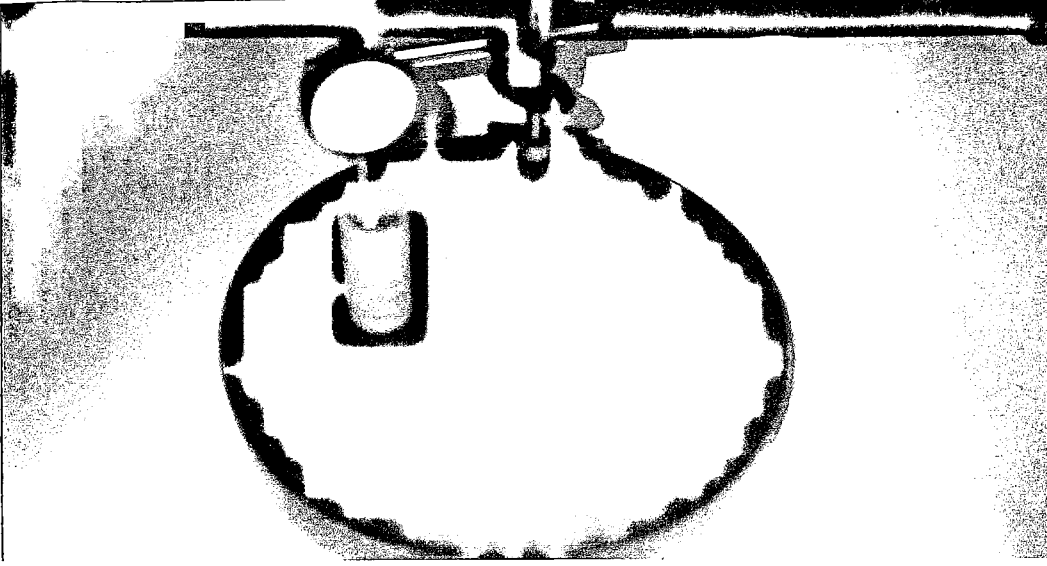
Alınan karot örnekleri boyu çapının iki katı olacak şekilde kesilerek, karot uçları, karot ucu düzeltme makinasında düzeltilmiştir (Şekil 19). Uçları düzeltilen karot örneklerinde yüzeylerin pürüzlülüğü ve paralelliği Şekil 20 da görülmekte olan komperatör yardımıyla kontrol edilmiş ve böylelikle karot örnekleri deneye hazır hale getirilmiştir.



Şekil 18. Laboratuvarında karot alımında kullanılan sondaj makinası



Şekil 19. Karot ucu düzeltme makinası



Şekil 20. Karot örneklerinin yüzey pürüzlülüğü ve paralelliğinin komperatör ile kontrolü.

### 3.3.2.2. Fiziksel Özellikler

I. Bölgeye ait kireçtaşının fiziksel özelliklerinden indeks özellikleri, sertliği ve elastik ses dalgasının boyuna yayılma hızı belirlenmeye çalışılmıştır.

#### 3.3.2.2.1. İndeks Özellikleri

I. Bölgede yüzeylenmekte olan kireçtaşlarının indeks özelliklerini belirlenmesi amacıyla karot örnekleri üzerinde yapılan deneyler TS 669/Mart 1978 UDK 691.2 “Doğal Yapı Taşlarının Muayene ve Deneysel Metodları” dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.

Özgül ağırlık deneyi için yaklaşık 100 gr'lık örnek karot parçaları kullanılmak suretiyle öğütülerek hazırlanmış ve öğütülen malzeme çeyrekleme yöntemiyle yaklaşık 25'er gramlık 4 parçaya ayrılarak 4 adet piknometre deneyi gerçekleştirilmiştir. Dört deney sonunda elde edilen sonuçların ortalaması kireçtaşının özgül ağırlık değeri olarak alınmıştır. Bloklardan elde edilen karot örnekleri 105 °C de 24 saat kurutulduktan sonra 48 saat arı suda bekletilmiş ve daha sonra tartılarak kuru ve doymuş ağırlıkları bulunmuştur. Bu verilerden yararlanılarak kireçtaşının kuru birim hacim ağırlığını ( $\gamma_k$ ), doymuş birim hacim ağırlığını ( $\gamma_d$ ), porozitesi (p), ağırlıkça su emmesi ( $a_s$ ), hacimce su emmesi ( $h_s$ ) ve doymuşluk derecesi (Sr) gibi indeks özellikleri belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 5' de verilmiştir.

Tablo 5. Kireçtaşının indeks özelliklerinin ortalama değerleri

KAYA TÜRÜ	İNDEKS ÖZELLİKLERİ						
	$\gamma$	$\gamma_k$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_a$ (gr/cm <sup>3</sup> )	P (%)	$a_s$ (%)	$h_s$ (%)	Sr (%)
Kireçtaşı	2.70	2.21	2.32	17	4.96	11.04	62.11

### 3.3.2.2.2. Sertlik

I. Bölge kireçtaşlarının sertliği arazide yüzeylemelerde yani kaya kütlesi üzerinde N tipi Schmidt çekici ile ölçülmüştür. Ölçümler süreksizlik yüzeylemelerinden alınmış olup, ölçüm yapılan süreksizlik yüzeyinin alterasyon ve dolgu durumu dikkate alınmış, daha ziyade temiz süreksizlik yüzeylerinden ölçümler alınmıştır. Schmidt çekici ölçümlerde yüzeye dik, süreksizlik yüzeyinin konumuna göre yatay veya yatayla belli bir açı yapacak şekilde tutulmuştur. Deneylerde her noktada 20 adet geri tepme sayısı okunmuştur. Okunan değerler büyükten küçüğe doğru sıralanmış ve değerlerin alt % 50 ' si atılarak geri kalanların aritmetik ortalaması alınmıştır.

Buna göre elde edilen sertlik değeri Tablo 6' da verilmiştir.

Tablo 6. Arazide kireçtaşı yüzeylemelerinden alınan Schmidt çekici geri tepme sayılarının ortalama değerleri.

Kaya Türü	Geri Tepme Sayısı (R)
Kırmızı Renkli Kireçtaşı	22.5

Bu değere göre kireçtaşının De Beer,(1967) ' nin önerdiği kaya sertlik sınıflamasına göre 20-24 sertlik değerinde olduğu ve "Çok Yumuşak Kaya" sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Bu değer beklenenden daha düşük çıkmasının nedeninin , ölçüm yapılan tabaka yüzeylerinin durumunun sağlıklı olmayışı ve yüzeysel alterasyonun varlığına bağlı olabileceği düşünülmektedir.

### 3.3.2.2.3. Boyuna Dalga Hızı

Boyuna dalga hızının kireçtaşı içerisinde yayılma hızı, kireçtaşından alınan karot örneklerinde Şekil 21' de görülen DIGI-EG-C2 ultrasonik deney aleti kullanılarak saptanmıştır. Deneilerde ultrasonik ses dalgasının kuru ve doygun karot örneklerini geçme zamanları mikrosaniye olarak ölçülmüştür.



Şekil 21. Ultrasonik deney aleti

Daha sonra örnek uzunlukları göz önüne alınarak boyuna dalganın her örnek içerisindeki yayılma hızı hesaplanmıştır. Hesaplanan boyuna dalga hızlarının ortalama değerleri Tablo 7 de verilmiştir.

Tablo 7 dikkate alındığı zaman boyuna dalga hızlarının ortalamasının kuru örneklerde 3636 m/sn, doygun örneklerde ise 3654 m/sn olduğu görülmektedir.

Tablo 7. Kireçtaşına ait boyuna dalga hızlarının ortalama değerleri

Kaya Türü	Vkuru (m/sn)	Vdoygun (m/sn)
Kireçtaşı	3636	3654

### 3.3.2.2.3. Mekanik ve Elastik Özellikler

I. Bölgeye ait kireçtaşlarından alınan karot ve şekilsiz örnekler üzerinde yapılan mekanik ve elastik özellik deneyleri ile kireçtaşına ait nokta yük, tek eksenli basınç direnci ve dinamik elastisite modülü değerleri bulunmuştur.

#### 3.3.2.3.1. Nokta Yük Direnci

I. Bölgeden alınan kireçtaşlarının nokta yük dirençleri araziden alınan şekilsiz örnekler üzerinde yapılan deneylerle saptanmıştır.

Deneylerde Broch ve Franklin (1972) ve Bieniawski (1975) tarafından önerilen nokta yük direnci deney esasları uygulanmış ve Şekil 22 de görülen deney aleti kullanılmıştır.

Nokta yük direncinin hesaplanmasında aşağıda verilen formül kullanılmıştır.

$$I_s = P/D^2 \quad (2)$$

Burada  $I_s$ : Nokta yük direnci ( $\text{kg/cm}^2$ )

P: Örneği kıran kuvvet (kg)

D: Örnek çapı (cm) dir.

Bu deney sonucunda kireçtaşına ait nokta yük direnci değeri  $33.23 \text{ kg/cm}^2$  olarak bulunmuştur.

Tablo 8. Kireçtaşına ait ortalama nokta yük direnci değeri

Kaya Türü	Deney Sayısı	$I_s (50) (kg/cm^2)$
Kireçtaşı	20	33.23



Şekil 22. Nokta yük direnci deney aleti

### 3.3.2.2.3.2. Tek Eksenli Basınç Direnci

Kireçtaşına ait tek eksenli basınç direnci değeri, “TS 2028/Nisan 1975 UDK 622.02 Kayaçların Tek Eksenli Basma Dayanımlarının Tayini” esaslarına göre kaya bloklarından çıkarılan karot örnekleri üzerinde yapılan deneyler sonucunda tespit edilmiştir. Deneyler kuru ve doygun karot örnekleri üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Tek eksenli basınç direnci değerleri aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\sigma_b = 4P/\pi D^2 \quad (3)$$

Bu formülde;  $\sigma_b$ : Tek eksenli basınç direnci ( $kg/cm^2$ )

P: Kırılma anındaki yük (kg)

D: Karot örneğinin çapı (cm) dir.

Deney örnekleri çoğunlukla  $L/D=2$  (L: Örnek boyu, D: örnek çapı) olacak şekilde hazırlanmıştır. Ancak bazı örneklerde bu oranı gerçekleştirmek mümkün olmamıştır. Bu durumdaki örneklerden elde edilen basınç direnci değerleri Szlavin (1974) tarafından verilmiş olan aşağıdaki düzeltme formülü yardımıyla bulunmuştur.

$$\sigma_b = \frac{\sigma'_b}{0.304 D/L + 0.848} \quad (4)$$

Burada;  $\sigma_b$ : Düzeltilmiş tek eksenli basınç direnci ( $\text{kg/cm}^2$ )

$\sigma'_b$ : Deney sonucu bulunan tek eksenli basınç direnci ( $\text{kg/cm}^2$ )

D: Örnek çapı (cm)

L: Örnek uzunluğu (cm) dir.

Buna göre Şekil 23' de gösterilen alet kullanılarak yapılan deneylerden elde edilen ve düzeltilen tek eksenli basınç direnci değeri Tablo 9' da verilmektedir.

Tablo 9. Kireçtaşına ait tek eksenli basınç direncinin ortalama değeri.

Kaya Türü	Deney Sayısı	$\sigma_b$ ( $\text{kg/cm}^2$ )
Kireçtaşı	10	896.73

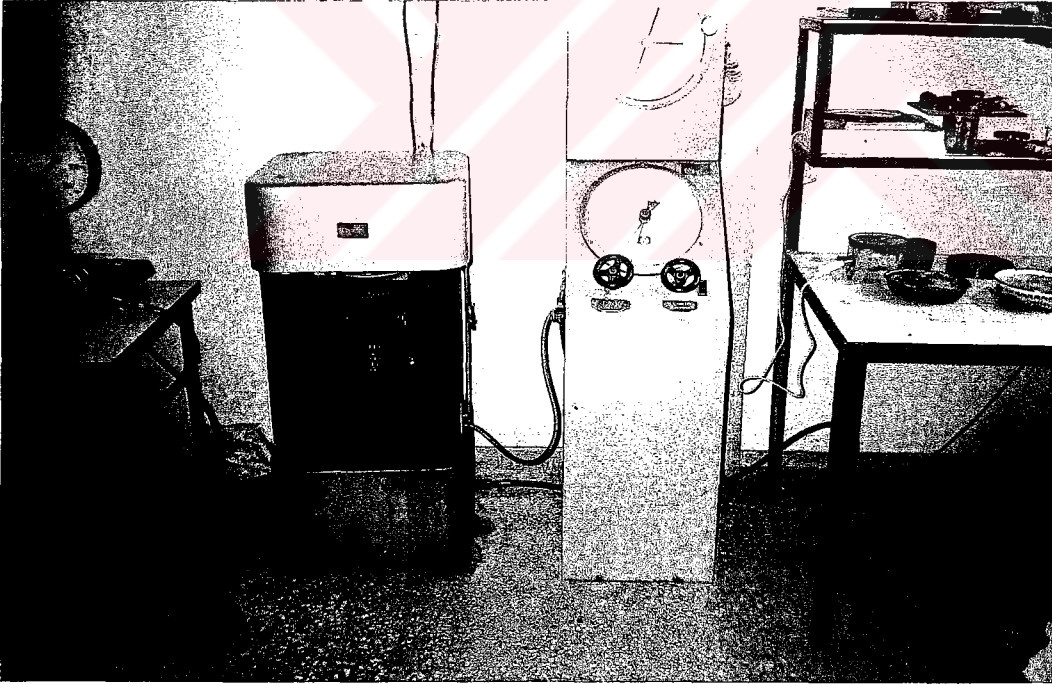
Bu değere göre kireçtaşı Deer ve Miller (1966)' in tek eksenli basınç direncine göre vermiş olduğu kayaç sınıflandırmasında (Tablo 10) "Orta Dirençli" kaya sınıfında yer almaktadır.



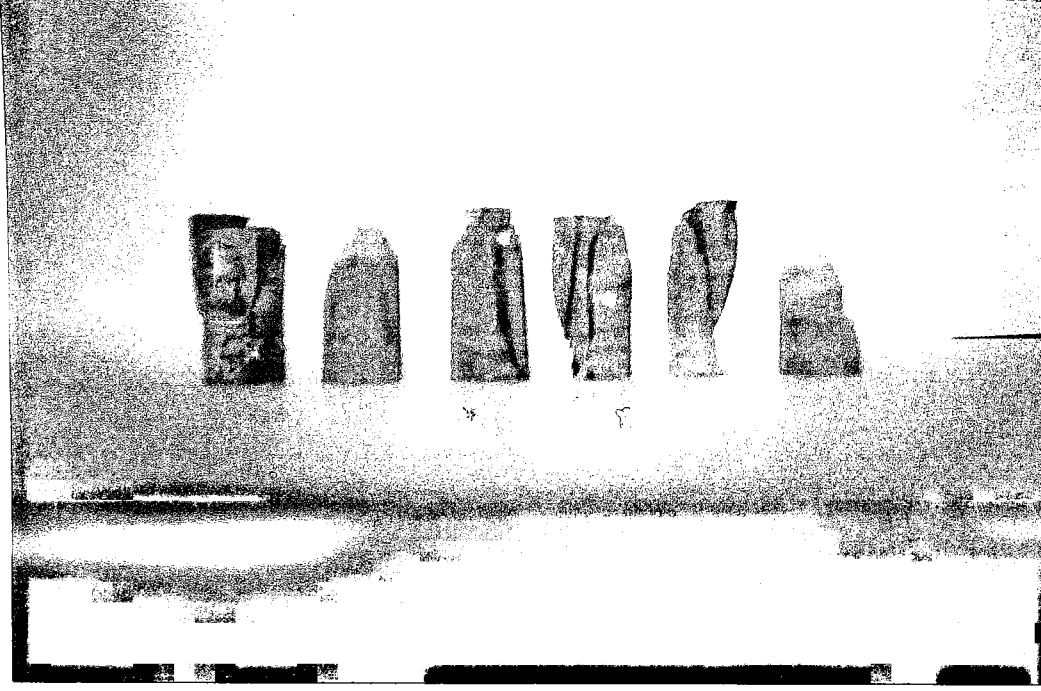
Tablo 10. Deer ve Miller (1966) ' e tarafından önerilen kayaların tek eksenli basınç direnci sınıflaması.

Tek Eksenli Basınç Direncine Göre Kayaçların Sınıflandırılması (Deer ve Miller, 1966)	
Kaya Tarifi	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kg/cm <sup>2</sup> )
Çok düşük dirençli	<250
Düşük dirençli	250-500
Orta dirençli	500-1000
Yüksek dirençli	1000-2000
Çok yüksek dirençli	>2000

Deney sonucunda kırılan karot örnekleri incelendiği zaman örneklerin genellikle süreksizlik yüzeylerini takiben kırıldıkları görülmektedir. Bu yüzeylerde hidrotermal alterasyon sonucu gelişen limonit boyamalarına rastlanmaktadır. Bu kırılma şekillerinden bazıları aşağıda Şekil 24 de görülmektedir.



Şekil 23. Tek Eksenli Basınç Direnci deney aleti.



Şekil 24. Tek eksenli basınç deneyi sonucunda kırılan karot örneklerinde gözlenen kırılma şekilleri.

### 3.3.2.3.3. Dinamik Elastisite Modülü

Kireçtaşına ait dinamik elastisite modülü Youash (1970) tarafında önerilen aşağıdaki eşitlik kullanılarak belirlenmiştir.

$$E = D \cdot W \cdot f^2 \quad (5)$$

Burada; E: Dinamik elastisite modülü, lb/in<sup>2</sup>

D: 0.01318 L/d<sup>2</sup>, sn<sup>2</sup>/in<sup>2</sup> (silindirik örnekler için)

L: Örnek boyu, in

d: Örnek çapı, in

W: Örnek ağırlığı, lb

f: Boyuna titreşim frekansı, devir/sn

Boyuna titreşim frekansının saptanmasında Şekil 21 de gösterilen deney aletinden faydalanılmıştır. Bu alet yardımıyla elastik boyuna dalganın  $L=2D$  boyutlu karot örneklerini kat etme zamanı ölçülmüştür. Alet kullanım kılavuzunda , boyuna titreşim frekansı ile zaman arasındaki bağıntı aşağıda verilmektedir.

$$f=1/2t \quad (6)$$

Burada; f: Boyuna titreşim frekansı

t: Elastik dalganın örneği kat etme zamanı ( $\mu$  sn)

(6) nolu formül metrik sisteme çevrildiği zaman aşağıdaki şekle dönüşür.

$$E_d= 1.29 L/d^2 .w.1/t^2 .10^6 \quad (7)$$

Burada;  $E_d$ : Dinamik elastisite modülü ( $\text{kg/cm}^2$ )

L: Örnek boyu (cm)

d: Örnek çapı (cm)

W: Örnek ağırlığı (gr)

t: Ultrasonik ses dalgasının örneği kat etme zamanı ( $\mu$  sn) dir.

Doğun ve kuru karot örnekleri üzerinde yapılan ölçümler sonucunda hesaplanan dinamik elastisite modülü değerlerinin ortalaması Tablo 11 de verilmiştir.

Tablo 11. Kireçtaşının dinamik elastisite modülü ortalama değeri

Kaya Türü	Dinamik Elastisite Modülü (x $10^5$ $\text{kg/cm}^2$ )
Kireçtaşı	6.29

### 3.3.3. II. Bölge Kayaçlarının Mühendislik Özellikleri

Bu bölümde II. Bölge kayaçları olarak isimlendirilen ve çalışma güzergahında doğudan batıya Horozoğlu Tepe, Kapantaş Tepe, Soğuksu Tepe, Abdioğlu ve Çamlıca Mahalleleri ve civarında yüzeylenen riyodasitik kayaçların mühendislik özellikleri irdelenmiştir.

#### 3.3.3.1. Kayaçların Süreksizlik Özellikleri

##### 3.3.3.1.1. Kaya Kalitesi Özelliği

Söz konusu riyodasitik kayaçların RQD değerleri de bir önceki bölümde bahsedildiği şekilde kaya yüzeylemelerinde yapılan scan line ölçümleri sonucunda elde edilen süreksizlik izi sayılarının değerlendirilmesi suretiyle tespit edilmeye çalışılmıştır.

Bu kapsamda seçilen 3 as alanda belirlenen kaya yüzeylemesinde yapılan scanline ölçümleri dikkate alınmış ve RQD' nin saptanmasında *formül (1)* de verilen eşitlik kullanılmıştır.

Bunun sonucunda bulunan ortalama RQD Tablo 12' de verilmiştir.

Tablo 12. Riyodasit yüzeylemelerinden elde edilen ortalama RQD değeri ve riyodasit'in ilgili kaya sınıflamasındaki yeri.

Kaya Kalitesi Özelliği (Deer,1963)		Kaya Türü: Gaz boşluklu riyodasit	
Kaya Kalitesi Tanımı	RQD (%)	Bulunan RQD Değeri	
Çok Kötü	<25	<b>84.76</b>	
Kötü	25-50		
Orta	50-75		
İyi	75-90		
Çok İyi	90-100		

### 3.3.3.1.2. Süreksizlik Ara Uzaklığı ve Açıklığı

Riyodasitik kayalarda en önemli süreksizlikleri çatlaklar oluşturmaktadır. Yüzeylemelerden alınan çatlak ara uzaklığı ölçümleri sonucunda riyodasite ait ortalama çatlak ara uzaklığının 35-55 cm arasında olduğu (Tablo 13) , çatlak açıklıklarının ise 1 mm' den 2 cm ye kadar değiştiği belirlenmiştir. Bu değerlere göre Deer (1963) 'ün önerdiği sınıflandırma dikkate alındığında riyodasitin "Orta Çatlaklı Kaya" ve ISRM (1975)' in önerdiği sınıflamaya göre (Tablo 14) genellikle "Orta " ve " Çok Geniş" çatlak açıklıklı olduğu belirlenmiştir.

Tablo 13. Riyodasitik kayaç yüzeylemelerinde ölçülen çatlak ara uzaklıklarına göre kayanın sınıflandırılması.

Çatlak Ara Uzaklığı (Deer,1963)	Kaya Türü: Gaz boşluklu riyodasit	
Çatlak Özelliği	Çatlak Ara Uzaklığı (cm)	Bulunan Çatlak Ara Uzaklığı Değeri
Çok Sık	<5	35-55
Sık	5-30	
Orta	30-100	
Seyrek	100-300	
Çok Seyrek	>300	

Tablo 14. Riyodasitik kayaç yüzeylemelerinde ölçülen çatlak açıklıklarına göre kayanın sınıflandırılması.

Çatlak Açıklığı (ISRM-1975)	Kaya Türü: Gaz boşluklu riyodasit	
Tanımlama	Çatlak Açıklığı (mm)	Ölçülen Çatlak Açıklıkları
Çok Sıkı	<0.1	
Sıkı	0.1-0.5	
Orta	0.5-2.5	1
Geniş	2.5-10	
Çok Geniş	>10	20

### 3.3.3.1.3. Süreksizlik Dolguları

Riyodasitik kayaçlarda as alan olarak seçilmiş istasyonlarda bulunan kaya yüzeylemelerinde süreksizlikler belirgin olarak izlenmektedir. Süreksizliklerdeki dolgu malzemesi kil ve kayaç kırıntıları şeklinde gözlenmektedir. Ayrıca hidrotermal alterasyon sonucunda gelişen limonit, hematit ve mangan boyamaları da net olarak izlenmektedir. Kil dolgular çoğunlukla damar şeklinde, yer yer de ağ şeklinde gözlenmektedir.

### 3.3.3.1.4. Süreksizlik Yüzeylerinin Pürüzlülüğü

As alan olarak seçilen istasyonlarda yüzeyleme veren kaya kütlelerinin içermiş olduğu süreksizlik yüzeylerinin pürüzlülük durumunun saptamasında kısım 3.3.2.1.4 de bahsedilen değerlendirme yöntemi kullanılmıştır.

Süreksizlik yüzeylerinde yüzeyin doğrultusuna dik ve paralel ikinci derece pürüzlülüğün ölçüldüğü bu yöntem sonucunda riyodasitik kayaçların içermiş olduğu süreksizlik yüzeylerinin pürüzlülük durumlarının *JRC* indeks değerine göre doğrultuya dik durumlarda 8-10 ila 10-12 arasında değiştiği, doğrultuya paralel durumlarda ise 10-12 ila 12-14 arasında değiştiği belirlenmiştir.

### 3.3.3.1.5. Kayaçlarda Ayrışma

Yol güzergahı boyunca yüzeyleme veren riyodasitik kayaç mostraları incelenmiş ve birimin ayrışma durumu detaylı olarak gözlenmeye çalışılmıştır. Doğu Karadeniz Bölümü'nün iklimsel, morfolojik ve litolojik şartlarının fiziksel ve kimyasal ayrışmaya çok elverişli olması, ayrışmanın önemli bir mühendislik problemi olarak karşımıza çıkmasına sebebiyet vermektedir. Çalışma alanında bulunan riyodasitik kayaçlarda da bu husus göz önüne alınarak irdelenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla Martin & Hencer (1986) tarafından önerilen ve malzeme ölçeğinde kayayı sınıflandıran ayrışma sınıflandırılması dikkate alınmıştır.

Martin ve Hencer kayaçları homojen malzemeler ve heterojen kütleler olarak ele almış ve sınıflandırmayı buna göre yapmışlardır. Ayrıca malzeme ve kütle özelliklerini birleştiren tanımlayıcı bir sınıflama da önermişlerdir.

Söz konusu riyodasitik kayaç içerdiği makrokırıklar, gaz boşlukları ve mikrofissürlerin varlığından dolayı heterojen bir kütle olarak görülmüş ve dolayısıyla ayrışma sınıflandırmasında da bu durum esas alınmıştır.

Bu sınıflandırmaya göre riyodasitik kayaçlar yer yer kısmen ayrılmış, bazı kısımlarda ileri derecede ayrılmış ve diğer bazı yerlerde de rezidüel zemine dönüşmüştür. Kısmen ayrılmış ve ileri derecede ayrılmış kısımlar kaya olarak değerlendirilip bu kısımların irdelenmesinde kaya mekaniği prensipleri uygulanmış, diğer kısım ise rezidüel zemin olarak değerlendirilip zemin mekaniği prensipleri uygulanmıştır. Ayrıca rezidüel zemin 1/10.000 ölçeğinde hazırlanmış olan mühendislik jeolojisi haritasında ayrı bir bölge olarak ayırtlanmıştır (Şekil 15).

Tablo 15. Heterojen kütleler için tanımlayıcı bir ayrışma sınıflandırması  
(Martin ve Hencer, 1986' dan alınmıştır.)

Sınıf	Tanımlayıcı	Tipik Özellikler
A	Ayrışmamış	Orijinal direnç, renk , çatlak açıklığı
B	Kısmen Ayrışmış	Hafifçe düşmüş direnç, hafifçe açılmış çatlak açıklığı, kırıklardan içeri ilerlemiş ayrışma, kahverengi oksidasyon.
C	İleri Derecede Ayrışmış	İleri derece ayrışmış, daha geniş çatlak açıklığı, gri renkli bozunum.
D	Bozunmuş	Çok fazla ayrışma, farklı renklerin varlığı, danelerin matrikste ayrışmaya ve bozunmaya başlaması, bozunmuş bozulmuş tabakalanma.
E	Rezidüel veya taşınmış zemin	Düzenli veya düzensiz dağılımlı altere olmuş daneli matriks, bozunmuş tabakalanma. Taşınma sonucu yabancı danelerin varlığı sonucu taşınmış olarak sınıflandırma.

### 3.3.3.2. II. Bölge Kayaçlarının Fizikomekanik Özellikleri

II. bölgedeki riyodasitik kayaçların fizikomekanik özellikleri araziden alınan bloklardan çıkartılan karot örnekleri üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri ve arazide yapılan basit tanımlayıcı deneylerle belirlenmeye çalışılmıştır.

Kaya bloklarından 38 mm çaplı karot örnekleri alınmış , boyu çapının iki katı olacak biçimde kesilmiş, alt ve üst yüzeylerin paralel ve düz olması için düzeltilip komperatörle kontrol edilmiştir.



### 3.3.3.2.1. Fiziksel Özellikler

II. bölgeye ait riyodasitik kayaçların fiziksel özelliklerinden indeks özellikleri, sertliği ve elastik ses dalgasının boyuna yayılma hızı tespit edilmiştir.

#### 3.3.3.2.1.1. İndeks Özellikler

II. bölgede yüzeylenen riyodasitlerin indeks özelliklerini belirlemek için karot örnekleri üzerinde TS 669/ Mart 1978 UDK 691.2 “Doğal Yapı Taşlarının Muayenesi ve Deney Metodları” kullanılarak deneyler yapılmıştır.

Özgül ağırlık deneyinde, kaya bloklarından alınan karot örneklerinden yaklaşık 100 gr’lık örnek öğütülmüş ve ortalama özgül ağırlık belirlenmiştir. Bloklardan alınan karot örnekleri 105 °C de 24 saat kurutulduktan ve 48 saat arı suda bekletildikten sonra tartılarak kuru ve doygun ağırlıkları bulunmuştur. Bu veriler kullanılarak riyodasitin kuru birim hacim ağırlığı ( $\gamma_k$ ), doygun birim hacim ağırlığı ( $\gamma_d$ ), porozitesi (p), ağırlıkça su emmesi ( $a_s$ ), hacimce su emmesi ( $h_s$ ) ve doygunluk derecesi (Sr) gibi indeks özellikleri hesaplanmıştır (Tablo 16).

Tablo 16. Riyodasite ait indeks özellikleri

KAYA TÜRÜ	İNDEKS ÖZELLİKLERİ						
	$\gamma$	$\gamma_k$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	P (%)	$a_s$ (%)	$h_s$ (%)	Sr (%)
Riyodasit	2.53	2.08	2.15	17	3.1	6.46	38.33

#### 3.3.3.2.1.2. Sertlik

II. bölgede yer alan riyodasitlerin sertliği, arazide kaya kütlelerini temsil eden yüzeylemelerden N tipi Schmidt çekici ile ölçülmüştür. Seçilen üç as alanda yapılan deneyde her noktada 20 ölçüm alınmış, alınan değerler büyükten küçüğe sıralanıp değerlerin alt %50’ si atılarak geri kalanların aritmetik ortalaması alınmıştır.

Yüzeylemelerde ölçülen ortalama Schmidt çekici geri tepme sayısı aşağıdaki Tablo 17’ de verilmiştir.

Tablo 17. Riyodasite ait Schmidt Çekici Geri Tepme Sayılarının Ortalama Değeri

Kaya Türü	Geri Tepme Sayısı (R)
Riyodasit	28

Elde edilen bu değere göre riyodasitin De Beer (1967)’ in sınıflamasında “Yumuşak Kaya” sınıfında olduğu belirlenmiştir. Bu değerlendirmede riyodasitin bol miktarda gaz boşluğu içermesi ve ölçüm yapılan ortamdan kaynaklanan olumsuzluklarında değerlerin gerektiğinden daha düşük çıkmasına sebep olduğu düşünülmektedir.

### 3.3.3.2.1.3. Boyuna Dalga Hızı

Boyuna dalganın riyodasit içerisinde yayılma hızı, riyodasitten alınan karot örnekleri üzerinde Şekil 21 de gösterilmiş olan ultrasonik deney aleti ile gerçekleştirilmiştir. Deneylerde ultrasonik ses dalgasının kuru ve doymuş örnekleri geçme zamanları mikrosaniye olarak ölçülmüştür.

Daha sonra örnek uzunlukları dikkate alınarak boyuna dalganın her örnek içerisindeki yayılma hızı hesaplanmıştır. Hesaplanan boyuna dalga hızlarının ortalama değerleri Tablo 18 de verilmiştir.

Tablo incelendiğinde boyuna dalga hızlarının ortalaması kuru örneklerde 3335 m/sn, doymuş örneklerde ise 3550 m/sn olduğu görülecektir.

Tablo 18. Riyodasite ait boyuna dalga hızlarının ortalama değerleri.

Kaya Türü	Vkuru (m/sn)	Vdoymuş (m/sn)
Riyodasit	3335	3550

### 3.3.3.2.2. Mekanik ve Elastik Özellikler

Riyodasite ait mekanik ve elastik özellikler bloklardan çıkarılan karot örnekleri üzerinde yapılan mekanik ve elastik özellik deneyleri yardımıyla bulunmuştur. Deneyler sonucunda riyodasitin nokta yük direnci, tek eksenli basınç direnci ve dinamik elastisite modülü değerleri tespit edilmiştir.

#### 3.3.3.2.2.1. Nokta Yük Direnci

II. bölgede yer alan riyodasitik kayaçların nokta yük dirençleri bloklardan alınan karot örnekleri üzerinde gerçekleştirilen nokta yük deneyi ile belirlenmiştir.

Deneylerde Broch ve Franklin (1972) ve Bieniawski (1975) tarafından önerilen nokta yük direnci deney esasları uygulanmış ve nokta yük direnci değerinin bulunmasında formül 2 den yararlanılmıştır.

Riyodasitlerden elde edilen nokta yük direnci ortalama değeri Tablo 19 da verilmiştir.

Tablo 19. Riyodasite ait ortalama nokta yük direnci değeri

Kaya Türü	Deney Sayısı	$I_s (50) (kg/cm^2)$
Riyodasit	18	27.72

Nokta yük direnci ortalama değeri beklenenden daha düşük çıkmış, bu durum riyodasitin içermiş olduğu bol miktardaki gaz boşluğunun ve mikrokırıkların varlığına bağlanmıştır.

Bieniawski (1975)' in nokta yük direncine göre vermiş olduğu kaya sınıflamasına göre riyodasitin "Orta Dirençli Kaya" sınıfında yer aldığı belirlenmiştir.

### 3.3.3.2.2. Tek Eksenli Basınç Direnci

II. bölgede yüzeylenen riyodasitik kayaçların tek eksenli basınç direnci “TS 2028 / Nisan 1975 UDK 622.02 Kayaçların Tek Eksenli Basma Dayanımlarının Tayini” esasları dikkate alınarak kaya bloklarından çıkarılan karot örnekleri üzerinde belirlenmiştir.

Deneyler sonucunda dağılmayan örnekler incelenmiş, bunlarında genellikle süreksizlik yüzeylerini takip edecek şekilde kırıldıkları gözlenmiştir. Karot örneklerinin çok fazla miktarda gaz boşluğu içermesi, deney sonuçlarının değerlendirilmesinde önemle dikkate alınmıştır. Ayrıca karot örneklerinin içermiş olduğu süreksizliklerde ayrıca dikkate alınmıştır.

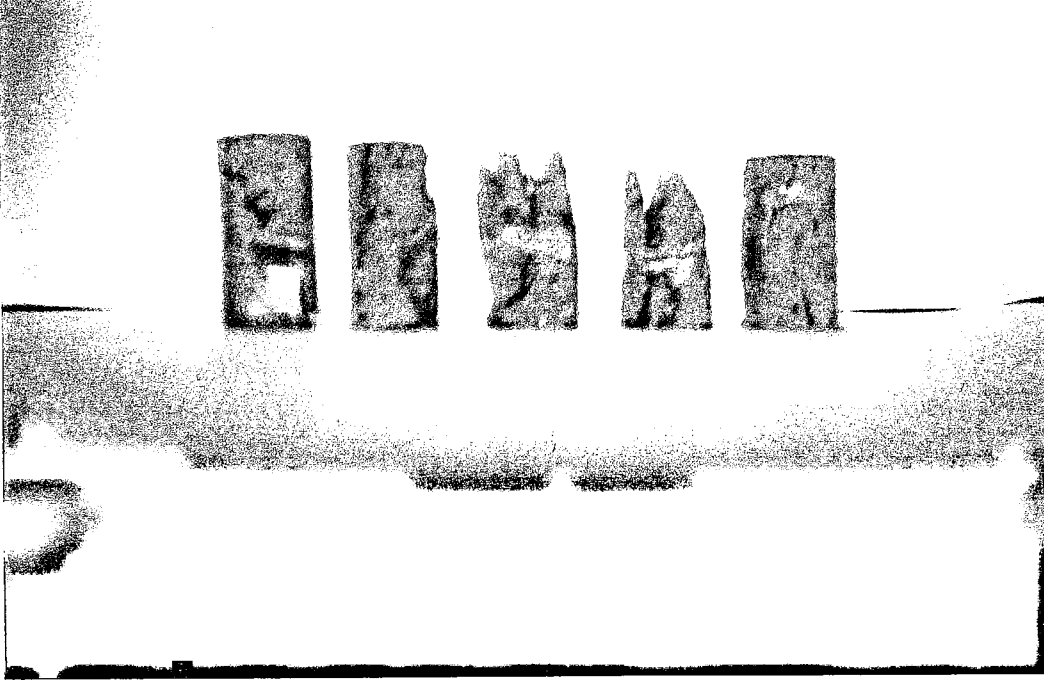
Tek eksenli basınç direnci değerleri, formül 3 kullanılarak hesaplanmıştır. Deney örnekleri genellikle  $L/D=2$  (L: örnek boyu, D: örnek çapı) olacak biçimde hazırlanmaya çalışılmış, ancak bazı örneklerde bu oranı gerçekleştirmek mümkün olmamıştır. Bu şekilde elde edilen örneklerden elde edilen basınç direnci değerleri formül 4 kullanılarak düzeltilmiştir.

Deneyler sonucunda riyodasit için elde edilen ortalama tek eksenli basınç direnci değeri aşağıdaki Tablo 20’ de verilmiştir.

Tablo 20. Riyodasite ait tek eksenli basınç direnci ortalama değeri.

Kaya Türü	Deney Sayısı	$\sigma_b$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Riyodasit	10	505

Bu değere göre Deer ve Miller (1966) tarafından önerilen sınıflama (Tablo10) dikkate alındığında riyodasitin “Orta Dirençli” kaya sınıfında yer aldığı görülmektedir.



Şekil 25. Tek eksenli basınç direnci deneyleri sonucunda riyodasitte meydana gelen bazı kırılma şekilleri.

### 3.3.3.2.3. Dinamik Elastisite Modülü

II. bölgede yer alan riyodasite ait dinamik elastisite modülü, Youash (1970) tarafından önerilen formül 5 yardımıyla hesaplanmıştır. Elastik dalganın  $L=2D$  boyutlu karot örneklerini katetme zamanı ölçülmüş ve hesaplamalar bu doğrultuda yapılmıştır.

Bütün karot örnekleri için hesaplanan dinamik elastisite modülünün ortalama değeri aşağıda Tablo 21 de verilmiştir.

Tablo 21. Riyodasitte ortalama dinamik elastisite modülü değeri

Kaya Türü	Dinamik Elastisite Modülü ( $\times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ )
Riyodasit	5.39

### 3.3.4. III. Bölge Zeminlerinin Mühendislik Özellikleri

III. bölge olarak isimlendirilen alan aslında II. bölgedeki kayaçların ayrışması sonucunda meydana gelmiş olan rezidüel zemin karakterli malzemenen ibarettir. Bu malzemenin çoğunlukla kil şeklinde olduğu gözlenmiştir.

#### 3.3.4.1. III. Bölge Zeminlerinin Jeolojik Özellikleri

Bu birim çalışma alanında Ardıçlı tepe, Karayusuf tepe ve Çırakçioğlu tepeler arasında bulunan alanda yaygın olarak gelişmişlerdir. II. bölgede yer alan riyodasitik kayaçların ayrışması sonucunda oluşmuş olan zeminler kırmızı renkli , yer yer kahvemsiz kırmızı renkli olarak yayılım göstermektedir.. Birim içerisinde yer yer küçük boyutlarda Mn nodüllerine rastlanmaktadır.

Birimin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla birimi temsil eden bir as alan seçilmiş ve buradan örselenmemiş örnekler alınmıştır. Seçilen bu alandaki drenaj durumu kabaca tespit edilmeye çalışılmış, genel olarak ortamda herhangi bir mühendislik problemine sebebiyet verecek ölçülerde gerek yer altı, gerekse yer üstü drenajının olmadığı belirlenmiştir. Zeminin aşırı konsolide olmasına (over consolidated) sebebiyet verecek herhangi bir jeolojik yükün olmadığına, genel arazi gözlemleri sonucunda varılmış ve zeminin aşırı konsolide olmamış olduğuna karar verilmiştir. Bu durum zeminin jeoteknik parametrelerinin belirlenmesi için dizayn karar aşamasında etkili ve sonuçlayıcı bir durum olarak önem taşımaktadır.

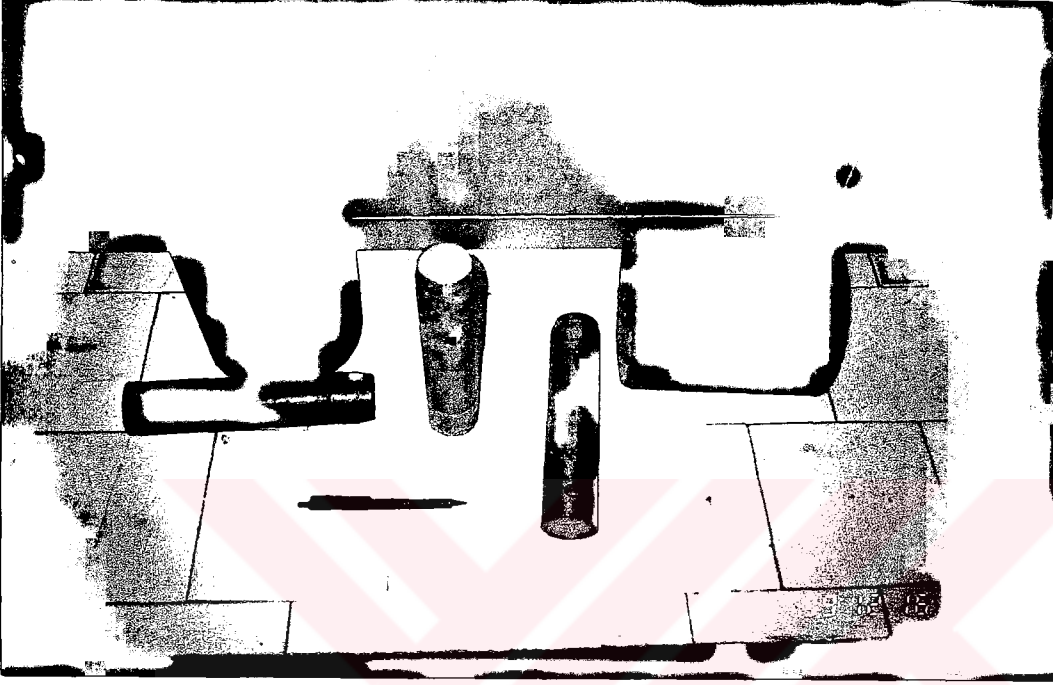
#### 3.3.4.2. Zeminlerin Jeoteknik Parametreleri

Zemine ait jeoteknik parametrelerden kıvam limitleri, efektif kohezyon ve içsel sürtünme açıları ve bunlara ilave olarak özgül ağırlığı, birim hacim ağırlığı, su muhtevası, porozite, boşluk oranı ve doyunluk derecesi gibi fiziksel özellikler belirlenmeye çalışılmıştır.

##### 3.3.4.2.1. Örnek Alımı

III. bölgede yer alan zeminlerin fiziksel ve jeoteknik özelliklerini bulmak amacıyla yapılacak deneyler için araziden örselenmemiş örnekler alınmıştır. Örnekler yüzeyden

yaklaşık 2-3 m ' lik derinliklerden alınmış ve zemin haricinde çakıl, bitki kökü, vs... gibi yabancı unsurların numune ler içinde olmamasına özen gösterilmiştir. Örnek alımında 38 mm ve 15 cm çaplı çelik tüpler kullanılmıştır (Şekil 26). Alınan tüplerin arazideki doğal özelliklerini koruması amacıyla tüplerin alt ve üst yüzeyleri parafinlenmiş ve laboratuvar ortamına bu şekilde taşınmıştır.



Şekil 26. Örnek alımında kullanılan çelik tüpler

### 3.3.4.2.2. Zeminin İndeks Özellikleri

III. bölgede yüzeylenen killerin özgül ağırlığı ( $\gamma$ ), doğal birim hacim ağırlığı ( $\gamma_n$ ), su muhtevası ( $\omega$ ), porozitesi ( $p$ ), boşluk oranı ( $e$ ) ve doygunluk dereceleri belirlenmiş ve bulunan değerler Tablo 22' de verilmiştir.

Tablo 22. Zemine ait indeks özellikleri.

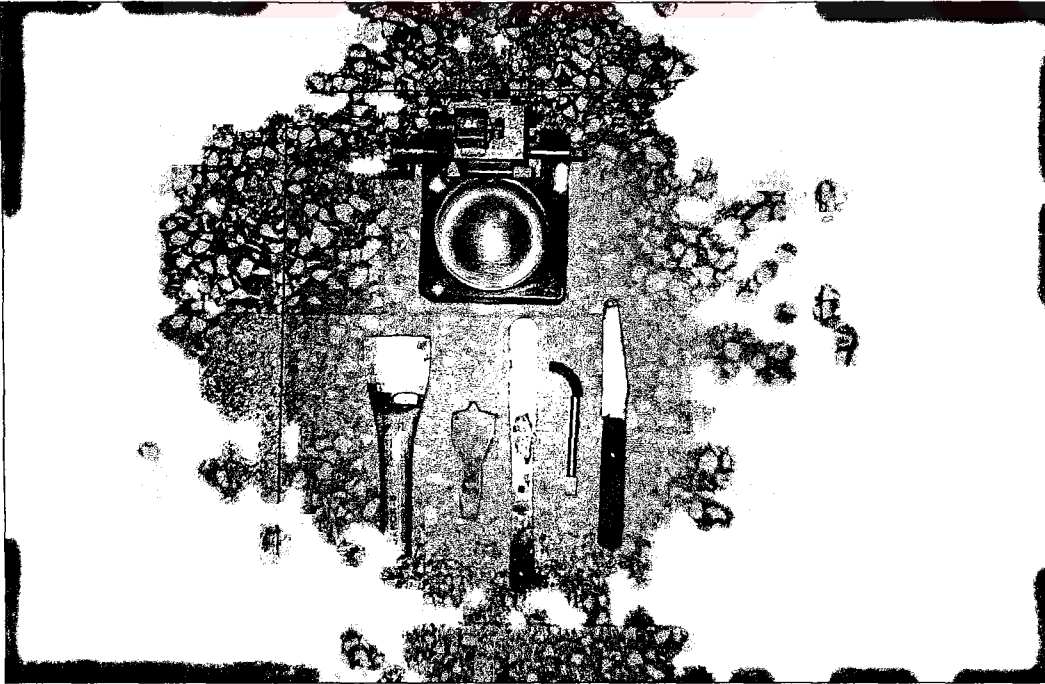
ZEMİN TÜRÜ	İNDEKS ÖZELLİKLERİ					
	$\gamma$	$\gamma_n$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$\omega$ (%)	P (%)	e (%)	Sr (%)
Kırmızı Renkli Kil	2.66	1.91	29	44	79	97

### 3.3.4.2.3. Zeminin Kıvam Limitleri

Kıvam limitleri, kıvamın değişik durumları için zeminin su muhtevasının limitlerini gösterir. Kıvam limitleri, likit limit (LL veya  $W_L$ ), plastik limit (PL veya  $W_P$ ) ve büzülme limiti veya rötire limit (SL veya  $W_{SL}$ ) olarak üç şekilde irdelenmektedir.

Çalışma alanında III. bölgede yer alan kırmızı renkli killerin kıvam limitlerini bulmak için laboratuvarında "Casagrande Deneyi"nden yararlanılmıştır. Bu deneye ait deney düzeneği Şekil 27 de görülmektedir.

Deney yapılırken ilk olarak 40 nolu elekten elenen zemin damıtık su ile karıştırılıp 24 saat desikatörde bekletilmiş ve kür halini alması sağlanmıştır. Kürünü tamamlayan zemin deney aletinin çanak kısmına yatay bir biçimde konarak üst yüzeyinin düzgün olması sağlanmıştır. Daha sonra çanak içerisindeki zeminde tabanı 2 mm olan bir oyuk özel oyuk açıcı alet ile açılmıştır. Alet kolu 1 devir/sn hızla çevrilerek açılan oyuğun 1 cm kadarlık kısmının kapandığı andaki vuruş sayısı belirlenerek su muhtevası saptanmıştır. Deney aynı zemin üzerinde değişik su muhtevalarında 5 kez tekrarlanmıştır. Logaritmik yatay eksen de vuruş sayısı, düşey eksen de su muhtevası olan bir eksen takımında deney sonuçları işaretlenerek akma eğrisi elde edilmiş ve 25 vuruşa karşılık gelen su muhtevası değeri likit limit olarak belirlenmiştir (Şekil 28).



Şekil 27. Likit limit deney düzeneği



Plastik limitin belirlenmesinde ise likit limitin yapıldığı 40 nolu elekten geçen zemin örneğinden bir miktar alınıp damıtık su ile karıştırılmış ve bu karışım cam plaka üzerinde el ayasında yuvarlanarak 3 mm çapında iplikçik haline getirilmiştir. Plastik limit 3 mm çapta ve üzerinde çatlakların oluşmadığı durumda zeminin su muhtevası olarak belirlenmiştir.

Deneyler sonucunda elde edilen değerlerin ortalamaları aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Tablo 23. Likit ve Plastik Limit Deney Sonuçları

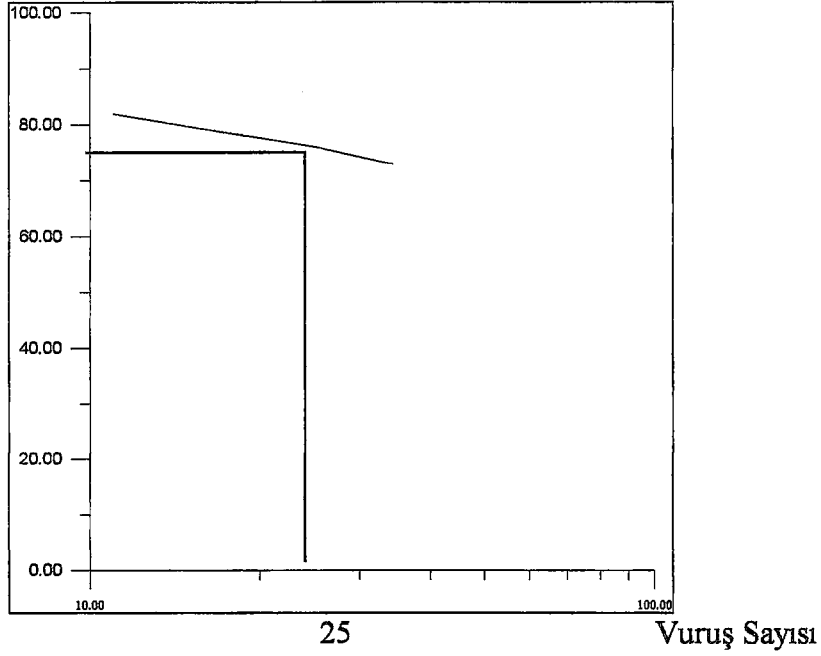
ZEMİN TÜRÜ	LİKİT LİMİT (%)	PLASTİK LİMİT (%)	PLASTİSİTE İNDİSİ
Kırmızı Renkli Kil	76	47	29

Bulunan bu sonuçlar IAEG (International Association of Engineering Geology) ve Casagrande Plastisite grafiğinde yerlerine konulmuş ve zemin sınıflandırılmıştır.

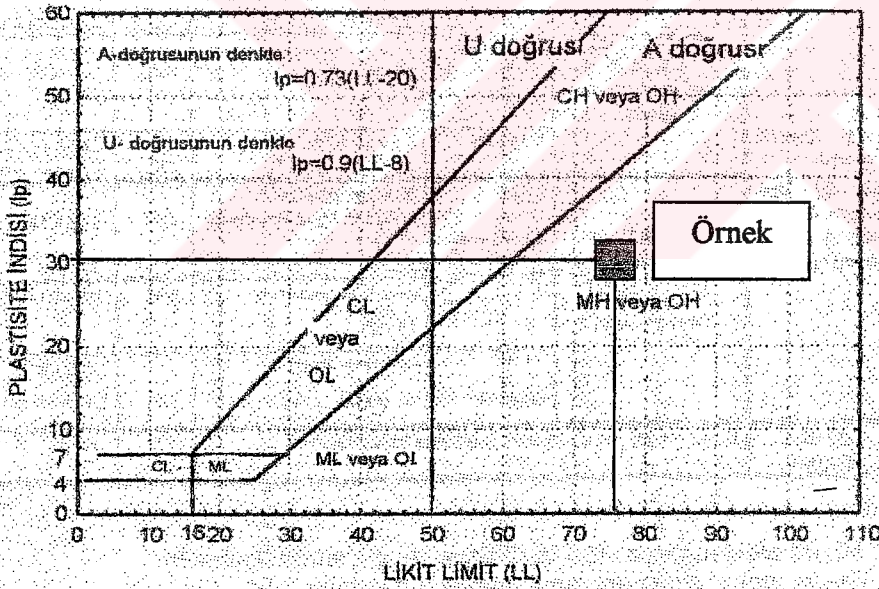
Tablo 24. IAEG' nin Likit Limit değerine göre yaptığı zemin sınıflaması ve çalışılan zeminin bu sınıflamadaki yeri.

PLASTİSİTE ÖZELLİĞİ	LİKİT LİMİT DEĞERİ (%)	DENEY SONUCUNDA BULUNAN DEĞER (%)
Düşük Plastisiteli	<35	
Orta Plastisiteli	35-50	
Yüksek Plastisiteli	50-70	
Çok Yüksek Plastisiteli	70-90	76
Çok Daha Yüksek Plastisiteli	>90	

$\omega$  (Su muhtevası, %)



Şekil 28. Su muhtevası-vuruş sayısı ilişkisini gösteren grafik



Şekil 29. Casagrande Plastisite Grafiği ve çalışılan örneğin bu grafikteki yeri (Aytekin, M. 2000' den alınmıştır.)

#### 3.3.4.2.4. Zeminin Kesme Direnci Parametreleri

Bir zeminin kesme direnci parametreleri araziden alınan temsil edici (representative) örnekler üzerinde laboratuvarında veya direkt arazi deneyleri yardımıyla belirlenebilir. Bu

deneylemler arasında laboratuvar ortamında yapılanlar Kesme Kutusu Deneyi, Üç Eksenli Basınç, Kesme Halkası (Shear Ring) ve Vane deneyleri olarak sayılabilir. Vane deneyinin arazide yapılan şekilde mevcuttur.

Bu çalışmada söz konusu kil zemin örneğinin kesme direnci parametreleri laboratuvar ortamında kesme kutusu deneyi yardımıyla bulunmuştur.

Kısaca kesme kutusu deneyinde, kare veya daire kesitli, orta kısmından iki parçaya ayrılabilen metal bir kutu içerisindeki zemin örneğine drenajlı veya drenajsız ortamlarda düşey bir yük ve yatay bir kesme kuvvetinin uygulanması ile örneğin bu durumdaki yatay yer değiştirmesi yani kesilmesi veya yenilmesi söz konusudur. Aynı örnek için farklı düşey yükler altında bulunacak farklı kesme gerilmesi değerlerinin kesme gerilmesi-normal gerilme grafiğinde işaretlenmesi ile kohezyon ( $c$ ,  $\text{kg/cm}^2$ ) ve içsel sürtünme açısı ( $\phi$ , Derece) değerlerinin bulunması mümkün olmaktadır.

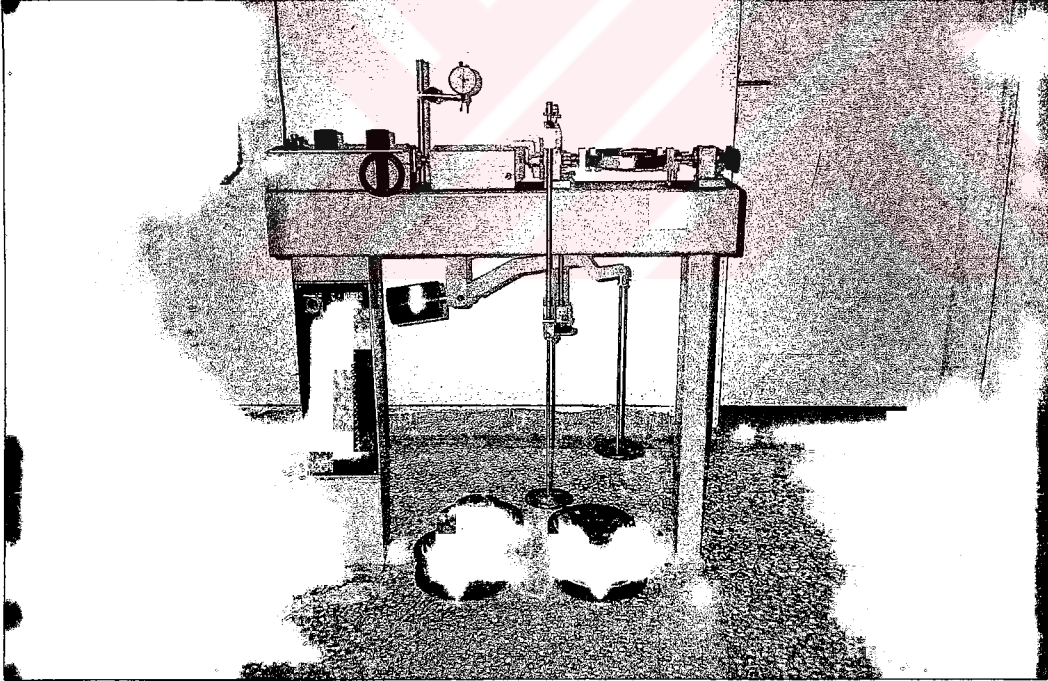
Bu deneyin basitliği ve örnek hazırlamadaki kolaylığı dolayısıyla avantajlı olmasının yanı sıra, bazı dezavantajları da mevcuttur. Örneğin drenaj koşullarının kontrol edilememesi nedeniyle boşluk suyu basıncının ölçülememesi, kesilme düzleminde kesme gerilmesinin uniform olmaması, yenilmenin dereceli olarak kenarlardan örneğin merkezine ilerlemesi ve kesme ve düşey yükler altındaki alanın deney süresince sabit kalmaması gibi durumlar sayılabilir (Craig, 1987).

Kesme kutusu deneyleri zeminin ortamsal şartlarına göre dizayn edilmektedir. Buna göre kesme kutusu deneyleri *konsolidasyonsuz-drenajsız* (UD-UC; Unconsolidated-Undrained), *konsolidasyonlu-drenajsız* (C-UD; Consolidated-Undrained) ve *konsolidasyonlu-drenajlı* (CD; Consolidated-Drained) olmak üzere üç şekilde gerçekleştirilebilir. UD-UC deneyler “Çabuk Deney” olarak bilinmekte olup bu deneyde örneğin konsolidasyonuna ve suyun drenajına izin verilmemektedir. C-UD deneylerde ise örnek 24 saat konsolidasyona maruz bırakılıp deney esnasında drenaja izin verilmemektedir. CD deneylerde ise örnek deney öncesi konsolide edilir ve deney esnasında suyun drenajına izin verilir. Dolayısıyla suyun dreneji için kesme kuvvetinin çok yavaş verilmesi gerektiğinden bu deney “Yavaş Deney” olarak ta bilinir.

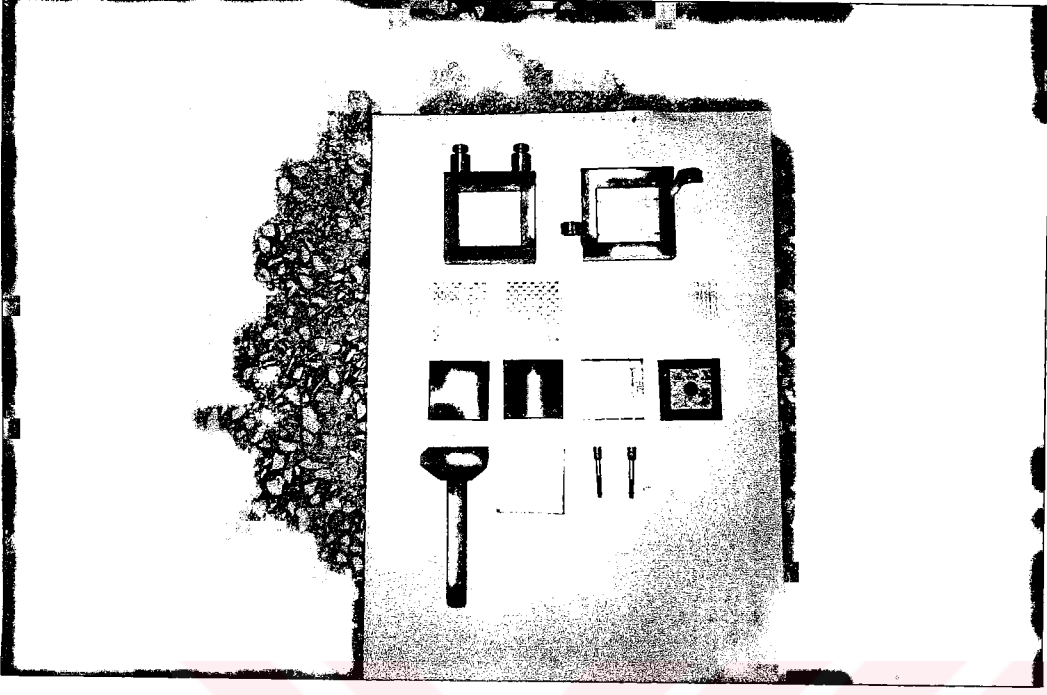
Çalışma alanındaki söz konusu kil zemin örneğinin ortamsal şartlarının konsolidasyonlu-drenajsız olması nedeniyle zeminin kesme direnci parametrelerini bulmak amacıyla “çabuk deney” kullanılmıştır.

Bu amaçla Şekil 30 daki kesme kutusu aletine yerleştirilen örneğe normal gerilme uygulanarak ve 24 saat beklenerek zeminin konsolide olmasına izin verilmiş, bundan sonra kesme kuvveti uygulanmış ve kesme gerilmesi ile meydana gelen yatay yer değiştirmeler belirlenerek Şekil 32 de gösterilen grafikler elde edilmiştir. Deney sırasında ulaşılan en büyük kayma gerilmesi , zeminin belirli bir normal gerilme altındaki kayma gerilmesini vermektedir. Yapılan işlemler farklı normal gerilmeler altında tekrarlanarak Şekil 33 deki gibi bir doğru elde edilmiştir. Bu doğrunun yatayla yapmış olduğu açı içsel sürtünme açısını (  $\phi$  ) ve doğrunun kayma gerilmesi eksenini olan y eksenini kestiği nokta ise kohezyonu ( C ) vermektedir.

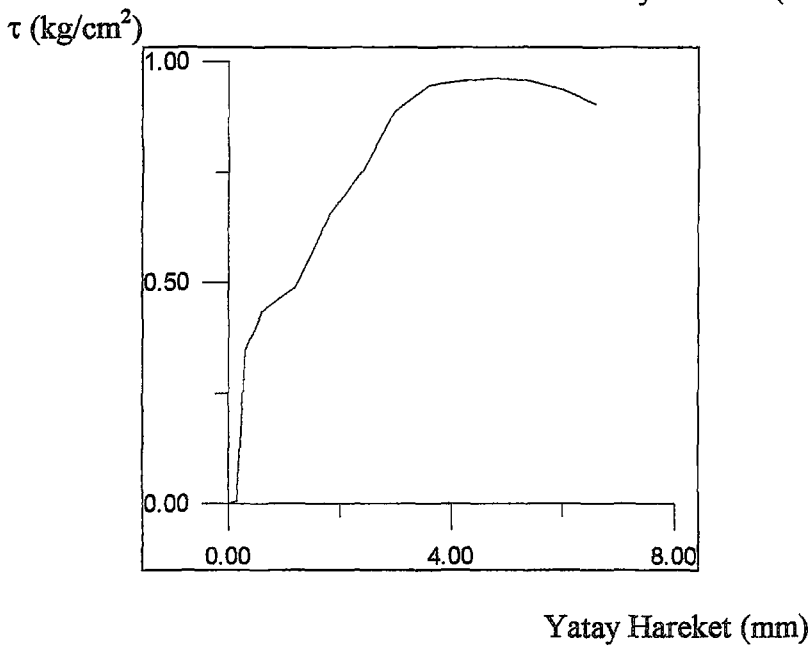
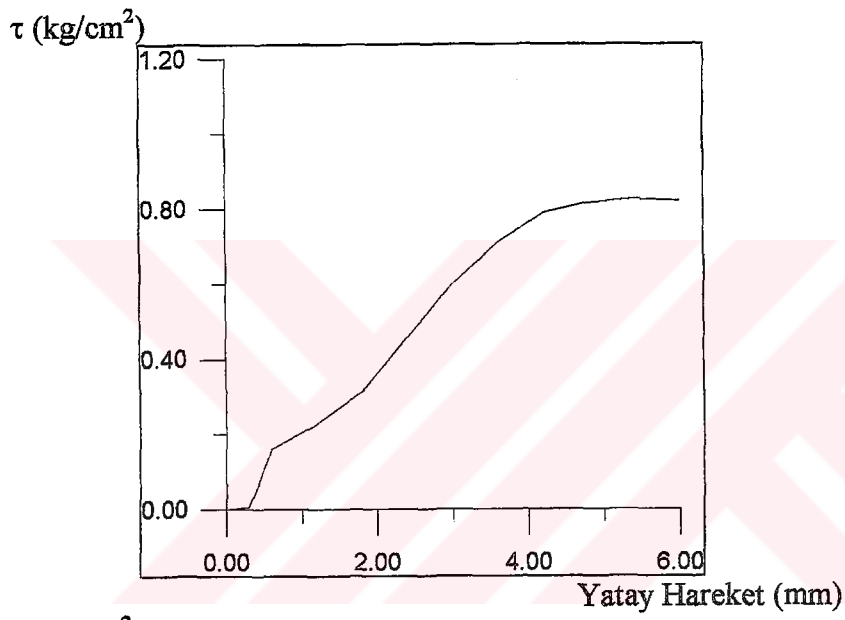
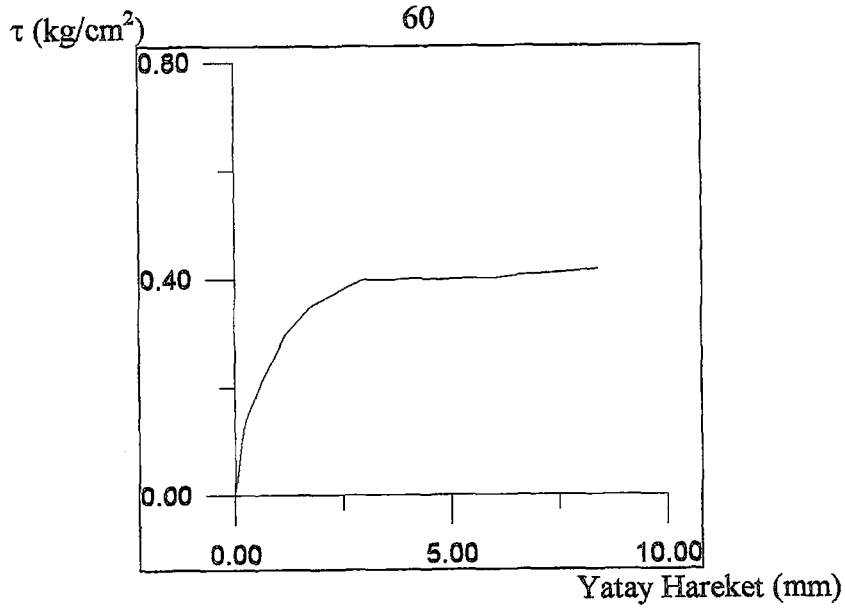
Deneylerde uygulanan düşey yükler 14.745, 24.745 ve 34.745 kg' dir.



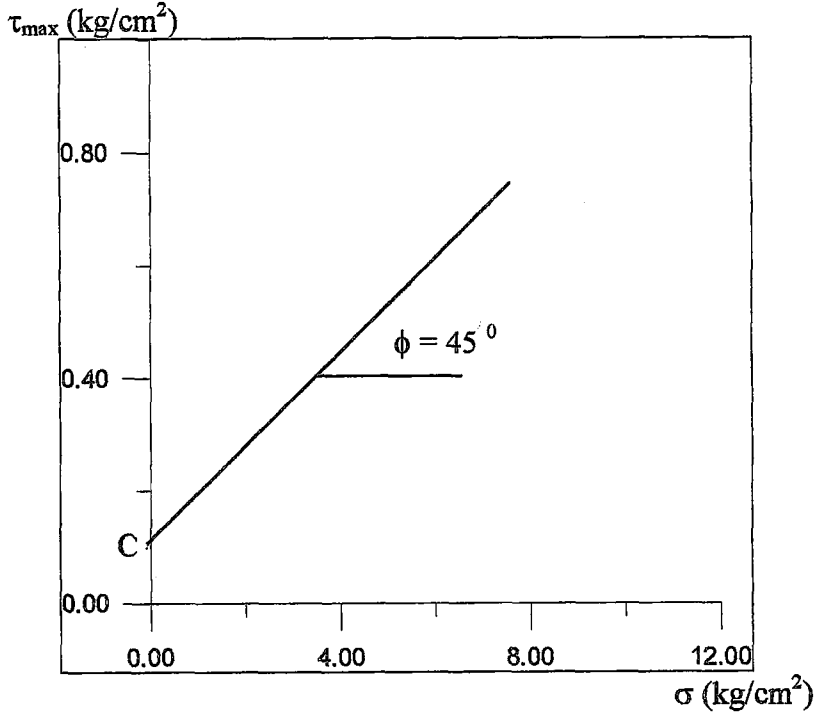
Şekil 30. Kesme Kutusu deney aleti



Şekil 31. Kesme kutusu deneyi hücre düzeneği



Şekil 32. Kil zemin örneğine ait  $\tau$ -yatay yer değiştirme grafikleri



Şekil 33. Kil zemin örneğinin normal gerilme ( $\sigma$ )- kayma gerilmesi ( $\tau$ ) grafiği

Deney sonucunda bulunan C ve  $\phi$  değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 25. Zemine ait kesme direnci parametreleri

ZEMİN TÜRÜ	C (kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi$
Kırmızı Renkli Kil	0.04	45 <sup>0</sup>

#### 3.3.4.2.5. DTA Analizi

III. bölge zeminlerinden alınan kil numunenin türünü belirlemek amacıyla DTA analizleri yapılmıştır. Analiz mineral türü bulunacak kilin inört bir malzeme ile birlikte sabit bir şekilde ısıtılması ve bu esnada gerçekleşen endotermik ve ekzotermik reaksiyonların kaydedilmesi esasına dayanır. Analizde kullanılan alet Şekil 34 de görülmektedir.

Analiz sonucunda elde edilen grafiklerden bu kil türünün illit olduğu belirlenmiştir (Şekil 35).

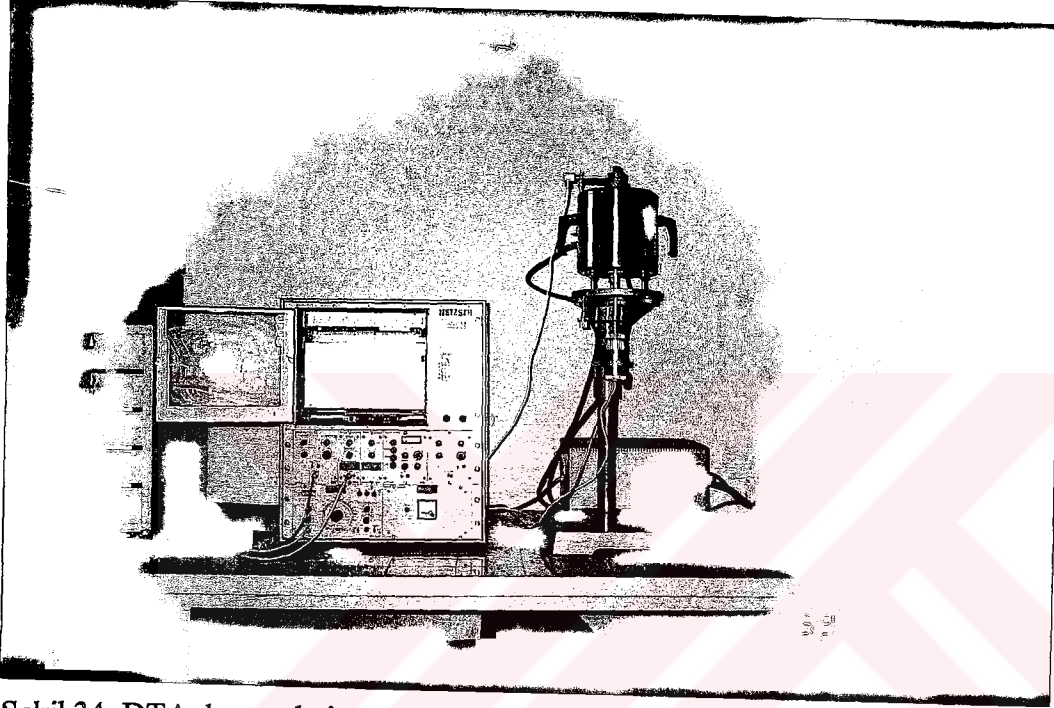
DTA

Sıcaklık aralığı: 20-1100 °C

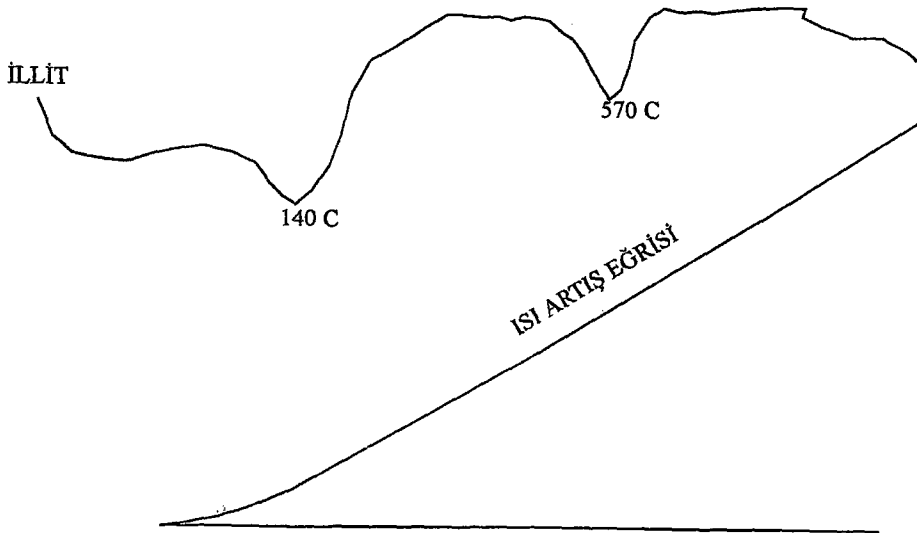
Thermo element: PtRb %10 Pt

Sıcaklık artışı: 10 °C/ dakika

Kayıt hızı: 2 mm/dakika



Şekil 34. DTA deney aleti



Şekil 35. Zemin örneğine ait DTA grafiği



### 3.3.4.2.6. Zeminin Taşıma Gücü

Zeminler, kaya ortamları gibi, baraj, tünel, köprü, dayanma (istinat) yapıları, silo, vb... mühendislik yapılarının oturabileceği yapı temelinin, üzerindeki yapı yükünü aktardığı ortamlar olabilmektedir. Dolayısıyla bu kadar hassas ve önemli bir görevi üstlenecek olan zeminin jeoteknik nitelikler açısından üzerindeki bu yükü en sağlıklı ve daha da önemlisi en güvenli bir biçimde taşıması istenmektedir. Bu amaçla zeminlerin taşıma güçlerini belirlemek amacıyla bir çok taşıma gücü teorisi üretilmiştir (Prandtl, 1921; Terzaghi, 1943; Meyerhof, 1951 vb). Birbirine benzer olan bu teorilerden pratik mühendislik işlerinde en yaygın olarak kullanılanı *Terzaghi Taşıma Gücü Teorisi*' dir.

Kısaca bu teoride şerit temel (iki boyutlu koşullar) için bazı kabuller yapılmış ve sonuç olarak aşağıdaki genel formül elde edilmiştir.

$$q_f = \frac{1}{2} \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma + c \cdot N_c + \gamma \cdot D \cdot N_q \quad (8)$$

Burada;  $q_f$  : Sınır taşıma gücü ( $t/m^2$ )

$C$ : Temel zemininin kohezyonu ( $t/m^2$ )

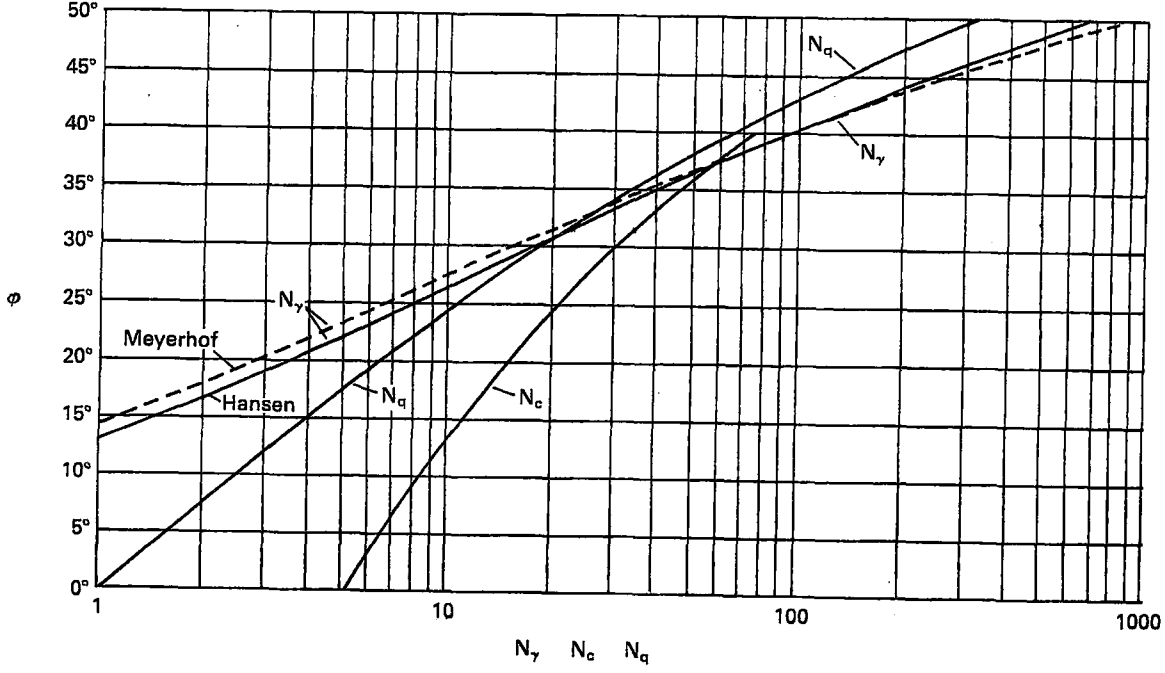
$\gamma$ : Temel zemininin birim hacim ağırlığı ( $t/m^3$ )

$B$ : Temel genişliği (kısa kenar veya çap, m)

$D$ : Temel derinliği (m)

$N_\gamma$ ,  $N_c$ ,  $N_q$  : Taşıma gücü katsayıları (boyutsuz) olup içsel sürtünme açısı ( $\phi$ )' nin bir fonksiyonudurlar. Bu değerler Şekil 36 da gösterilen grafik yardımıyla bulunmaktadır.

Yukarıda verilen formül yardımıyla zemine ait Tablo 26 da verilen veriler kullanılarak istenen boyutlarda dizayn edilecek temel boyutlarına ait taşıma gücü hesaplanabilir.



Şekil 36. Taşıma gücü katsayıları için kullanılan grafik

Tablo 26. Taşıma gücü hesabında kullanılabilecek zemine ait parametreler.

ZEMİN TÜRÜ	TAŞIMA GÜCÜ HESABINDA KULLANILABİLEK ZEMİN PARAMETRELERİ			
	C (t/m <sup>2</sup> )	$\gamma_k$ (t/m <sup>2</sup> )	$\gamma_d$ (t/m <sup>2</sup> )	$\gamma_a$ (t/m <sup>2</sup> )
Kırmızı Renkli Kil	0.04	1.48	1.92	0.92

Tablo 27. Kil zeminler için tahmini taşıma gücü değerleri (Craig, 1987' den alınmıştır).

ZEMİN TİPİ	TAŞIMA GÜCÜ DEĞERİ (kN/m <sup>2</sup> )	İŞARETLER
Çok katı killer ve sert killer	300-600	Uzun dönemli konsolidasyon oturmasına hassas
Katı killer	150-300	
Orta yumuşaklıkta killer	75-150	
Yumuşak killer ve siltler	<75	
Çok yumuşak killer ve siltler	-	

### 3.3.5. IV. Bölge Kayaçlarının Mühendislik Özellikleri

Bu bölümde çalışma güzergahının en batısında yer alan ve Banazoğlu tepe, Kılıçoğlu tepe ve civarında yüzeylenen koglomera ve breş türü malzemenin bazı mühendislik özellikleri irdelenecektir.

#### 3.3.5.1. Kayaçların Süreksizlik Özellikleri

##### 3.3.5.1.1. Süreksizlik Ara Uzaklığı ve Açıklığı

IV. bölgede yer alan konglomera ve breşlerde en önemli süreksizlikler tabaka ve çatlaklardır. Birimin tortul kökenli olması dolayısıyla tabakalaşma söz konusudur. Tabaka kalınlıkları 1m ila 3 m arasında değişmekte olup bu yapısal unsur büyük kalınlıklardan dolayı çok net olarak izlenememektedir. Bu birim Deer (1963)' e göre "Çok Kalın Tabakalı" olarak sınıflandırılabilir. Çok seyrek olarak gözlenen çatlaklar ise ortalama 1-2 mm arasında değişen açıklık değerine sahiptir. Sistematik bir çatlak gelişimi gözlenemediğinden dolayı çatlak ara uzaklığı değerleri ölçülememiştir.

##### 3.3.5.1.2. Kayaçlarda Ayrışma

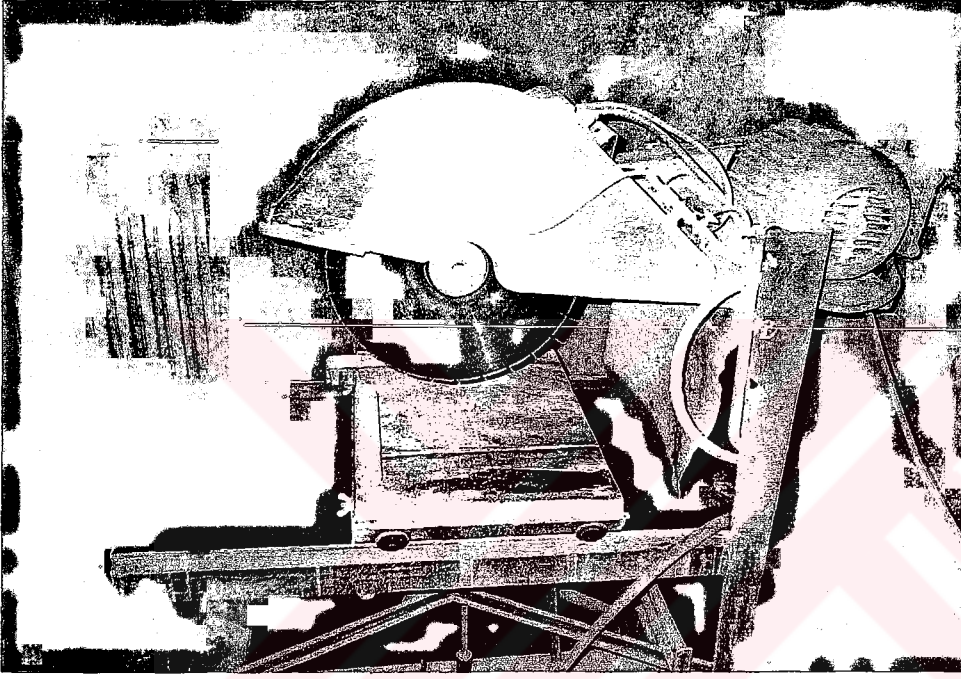
Söz konusu konglomera-breş biriminde fiziksel bir ayrışma söz konusudur. Çakıldan blok boyutuna değişen andezit ve bazalt karakterli malzemelerin Little (1969) ve Dearman (1974) 'ün arazi gözlemlerine dayanan sınıflamasına göre yüksek derecede ayrıştığı görülmekte olup birkaç çekiç darbesiyle kolayca kırılıp dağıldıkları belirlenmiştir. Daneleri birleştiren bağlayıcı malzeme daha ziyade ağırlıklı olarak kum ve çok az oranda kil bileşenlerinden meydana gelmekte, bu durumda kayaçtaki fiziksel ayrışmayı hızlandıran bir faktör olarak yorumlanmaktadır.

#### 3.3.5.2. Kayaçların Fizikomekanik Özellikleri

IV. bölge kayaçlarına ait fizikomekanik özellikler, araziden alınan blok örneklerinin küp şeklinde kesilmesi ile elde edilen numuneler ve şekilsiz örnekler üzerinde yapılan deneylerle belirlenmeye çalışılmıştır.

### 3.3.5.2.1. DeneY Örneklerinin Hazırlanması

Araziden alınan yaklaşık 40x40x40 cm boyutlu bloklar laboratuvarıda Şekil 37 de gösterilen taş kesme aleti kullanılarak 5x5x5 cm boyutunda küp örnekler halinde kesilmiştir. Birimin zayıf çimentolu olması ve kesme işlemi sırasında kullanılan suyun etkisi nedeniyle standartlara uygun sayıda numune elde edilememiş, yalnızca 10 adet örnek kesilebilmiştir. Örneklerin karşılıklı birer yüzü paralelliği ve düzlüğü sağlamak maksadıyla düzeltilmiş ve örnekler deneye hazır hale getirilmiştir.



Şekil 37. Taş kesme makinasının görünümü

### 3.3.5.2.2. Fiziksel Özellikler

Konglomera-breşten elde edilen küp örnekler içerisinde boyuna dalga hızları Şekil 21 de gösterilmiş olan DIGI-EG-C2 ultrasonik deney aleti kullanılarak belirlenmiştir. Deneylerde ultrasonik ses dalgasının kuru ve doymuş örnekleri geçme zamanları mikrosaniye olarak ölçülmüştür. Daha sonra örnek uzunlukları dikkate alınarak boyuna dalga hızlarının her örnek içerisindeki yayılma hızları hesaplanmıştır. Hesaplanan boyuna dalga hızlarının ortalama değerleri Tablo 28 de verilmiştir.

Tablo incelendiğinde, boyuna dalga hızlarının ortalaması kuru örneklerde 1301 m/sn, doymuş örneklerde ise 1962 m/sn olduğu görülmektedir.

Tablo 28. Konglomera-Breş biriminin boyuna dalga hızlarının ortalama değerleri.

Kaya Türü	Vkuru (m/sn)	Vdoygun (m/sn)
Konglomera-Breş	1301	1962

### 3.3.5.3. Mekanik ve Elastik Özellikleri

Konglomera-breş biriminden alınan küp örnekler ve şekilsiz örnekler üzerinde yapılan mekanik ve elastik özellik deneyleri sonucunda birime ait tek eksenli basınç direnci, nokta yük direnci ve dinamik elastisite modülü değerleri belirlenmiştir.

#### 3.3.5.3.1. Nokta Yük Direnci

IV. bölgede yer alan konglomera ve breşlerin nokta yük dirençleri araziden alınan şekilsiz örnekler üzerinde yapılan nokta yükleme deneyi ile belirlenmiştir.

Deneylerde, Broch ve Franklin (1972), Bieniawski (1975) ve Türk (1986) tarafında önerilen nokta yük direnci deney esasları uygulanmıştır.

Nokta yük direncinin hesaplanmasında Formül 2 kullanılmıştır.

Deneyler sonucunda elde edilen ortalama nokta yük direnci değeri aşağıdaki Tablo 29' da verilmektedir.

Tablo 29. Konglomera-Breş birimine ait ortalama nokta yük direnci değeri

Kaya Türü	Deney Sayısı	$I_s (50) (kg/cm^2)$
Konglomera-Breş	18	10.84

#### 3.3.5.3.2. Tek Eksenli Basınç Direnci

Konglomera- Breş birimine ait tek eksenli basınç direnci değeri, hazırlanan 5x5x5 cm' lik küp örnekler üzerinde gerçekleştirilen tek eksenli basınç direnci deneyi ile bulunmuştur. Deneyler doygun ve kuru örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Deney sonucunda elde edilen ortalama basınç direnci değeri aşağıdaki Tablo 30' da verilmektedir.

Tablo 30. Konglomera-Breş birimine ait ortalama basınç direnci değeri.

Kaya Türü	Deney Sayısı	$\sigma_b$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Konglomera-Breş	10	84.54



Şekil 38. Tek eksenli basınç direnci deneyinde kullanılan küp örneklerin deney sonucundaki görünüşleri

### 3.3.5.3.3. Dinamik Elastisite Modülü

Konglomera-breş biriminin dinamik elastisite modülü, Formül 7 yardımıyla hesaplanmıştır.

Boyuna titreşim frekansının bulunmasında Şekil 21 de gösterilmiş olan deney aletinden faydalanılmıştır.

Deney verileri kullanılarak elde edilen ortalama dinamik elastisite modülü değeri Tablo 31' de verilmektedir.

Tablo 31. Konglomera-Breş birimine ait ortalama elastisite modülü değeri

Kaya Türü	Dinamik Elastisite Modülü (x 10 <sup>5</sup> kg/cm <sup>2</sup> )
Konglomera-Breş	2.57

### 3.3.6. V. Bölge Zeminlerinin Mühendislik Özellikleri

Yomra ilçesine bağlı Gürsel mahallesi ve civarında yayılım gösteren birimler Kabaköy formasyonuna ait andezit-bazalt bileşenlerinden oluşan , daha ziyade piroklastik karakterli birimlerin yüksek derecede ayrışması ve bunun sonucunda da aşırı derecede killeşmesi sonucunda gelişen litolojiden oluşmaktadır.

#### 3.3.6.1. V. Bölge Zeminlerinin Jeolojik Özellikleri

Çalışma güzergahında Yomra deresinin batı yamacında yer alan Gürsel mahallesi ve civarında yüzeylenen birim , Eosen yaşlı Kabaköy formasyonuna ait andezit,bazalt ve piroklastlarının yüksek derecede ayrışması sonucu meydana gelmiş, killi ve granüler bir malzemedir. Malzemeyi oluşturan granüler daneler andezit ve bazalt çakıl ve bloklarından oluşmaktadır. Ayrışma sonucu gelişen killeşme neticesinde birim mavimsi gri-gri renk tonlarında gözlenmektedir.

Birim içerisinde çalışma alanı boyunca gözlenen en büyük mühendislik problemlerinden biri olan ve yaklaşık 1-1.5 km<sup>2</sup> ' lik bir alanı kapsayan Gürsel Heyelanı meydana gelmiş olup hareket halen güncel olarak devam etmektedir.

Birimin yüzeylenmiş olduğu topoğrafya, eğimi yaklaşık 45<sup>0</sup> ' lik bir yamaç şeklinde olduğundan yüzey sularından etkilendiği açıktır. Bunun yanısıra yapılan arazi gözlemleri neticesinde birim içerisinde yer yer gözlenen kaynaklar, yer altı su durumunun da birimin mühendislik özelliklerine direkt olarak etkidiğini düşündürmektedir.

Söz konusu birimin yüzeylenmiş olduğu yamacın üst kesimlerinde, kayan kütleden dolayı gerilme çatlaklarının olduğu belirlenmiştir. Çatlakların yaklaşık 5 ila 15 cm arasında değişen açıklıkları olduğu, bunların yer yer rezidüel kil dolgulu olduğu belirlenmiştir.

### 3.3.6.2. V. Bölge Zeminlerinin Jeoteknik Parametreleri

Zemine ait jeoteknik parametrelerden kıvam limitleri ve granülometrisi, indeks özelliklerinden ise özgül ağırlığı, birim hacim ağırlığı, su muhtevası, porozite, boşluk oranı ve doygunluk derecesi belirlenmeye çalışılmıştır. Araziden örselenmemiş örnek alınmasının mümkün olmamasından dolayı, zemine ait kohezyon ve içsel sürtünme açısı gibi parametreler belirlenememiştir.

### 3.3.6.3. Örnek Alımı

Zeminin yüksek derecede ayrılmış granüler malzemedan oluşması ve tamamen dağılmış bir biçimde bulunması dolayısıyla araziden yaklaşık 2 kg ağırlığında örselenmiş numune plastik torbalara konmuş ve ağzı sıkıca kapatılarak bu şekilde laboratuvar ortamına taşınmıştır. Laboratuvara getirilen malzeme kil ve çakıl karışımı olduğundan kil bileşenler çakıllardan ayrılarak özellikleri belirlenecek malzeme olarak ayrılanmıştır.

### 3.3.6.2.2 Zeminin İndeks Özellikleri

V. bölgede yüzeylenen birimin kil bileşenlerinin özgül ağırlık ( $\gamma$ ), doğal birim hacim ağırlık ( $\gamma_n$ ), su muhtevası ( $\omega$ ), porozite ( $p$ ), boşluk oranı ( $e$ ) ve doygunluk derecesi ( $S_r$ ) belirlenmiştir. Bulunan değerler Tablo 32' de verilmiştir.

Tablo 32. Gri renkli kile ait indeks özellikleri

ZEMİN TÜRÜ	İNDEKS ÖZELLİKLERİ					
	$\gamma$	$\gamma_n$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$\omega$ (%)	P (%)	e (%)	Sr (%)
Gri Renkli Kil	2.56	1.85	33	45	84	100



### 3.3.6.2.3 Zeminin Kıvam Limitleri

V. bölge killere ait kıvam limitleri değerlerini bulmak amacıyla laboratuvarında “Casagrande Deneyi” ‘nden yararlanılmıştır. Bu deneye ait deney düzeneği daha önce Şekil 27 de verilmiştir.

Bu zemin örneği içinde yine ilk olarak 40 no lu elekten elenen zemin damıtık su ile karıştırılıp 24 saat desikatörde bekletilmiş ve örneğin kür halini alması sağlanmıştır. Kürünü tamamlayan zemine kısım 3.3.4.2.3 ‘ de anlatılan işlemlerin aynısı ile muamele edilmiştir. Deney zeminin değişik su muhtevalarında 5 kez tekrarlanmış, logaritmik yatay eksen de vuruş sayısı, düşey eksen de su muhtevası olan bir eksen takımında deney sonuçları işaretlenerek akma eğrisi elde edilmiş ve 25 vuruşa karşılık gelen su muhtevası değeri likit limit değeri olarak belirlenmiştir (Şekil 39).

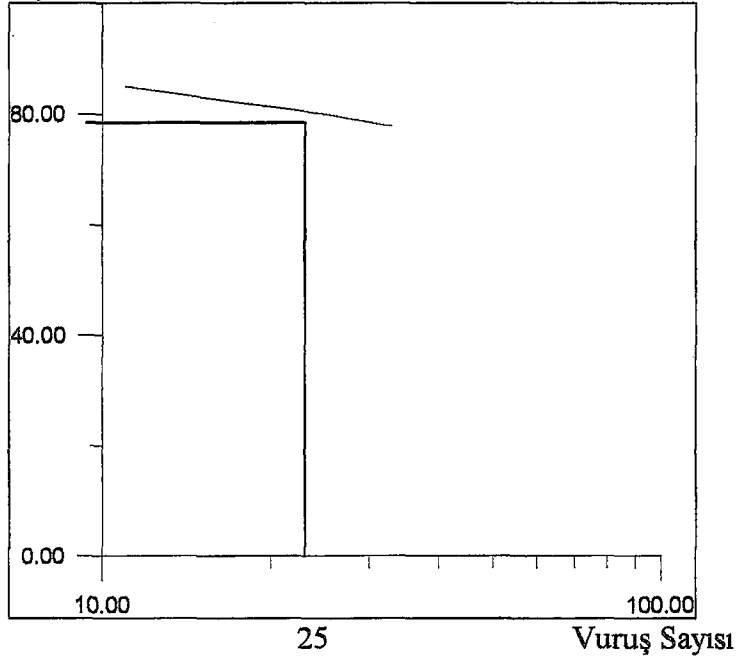
Plastik limitin belirlenmesinde de yine kısım 3.3.4.2.3 ‘ de anlatılan işlemler aynen uygulanmış ve zeminin 3 mm çapta ve üzerinde çatlakların oluşmadığı durumdaki su muhtevası değeri, zeminin plastik limit değeri olarak tespit edilmiştir.

Deney sonucunda bulunan değerlerin ortalama değerleri Tablo 33’ de verilmektedir.

Tablo 33. Gri renkli kile ait Likit Limit ve Plastik Limit deney sonuçları

ZEMİN TÜRÜ	LİKİT LİMİT (%)	PLASTİK LİMİT (%)	PLASTİSİTE İNDİSİ
Gri Renkli Kil	80	33	47

$\omega$  (Su muhtevası, %)

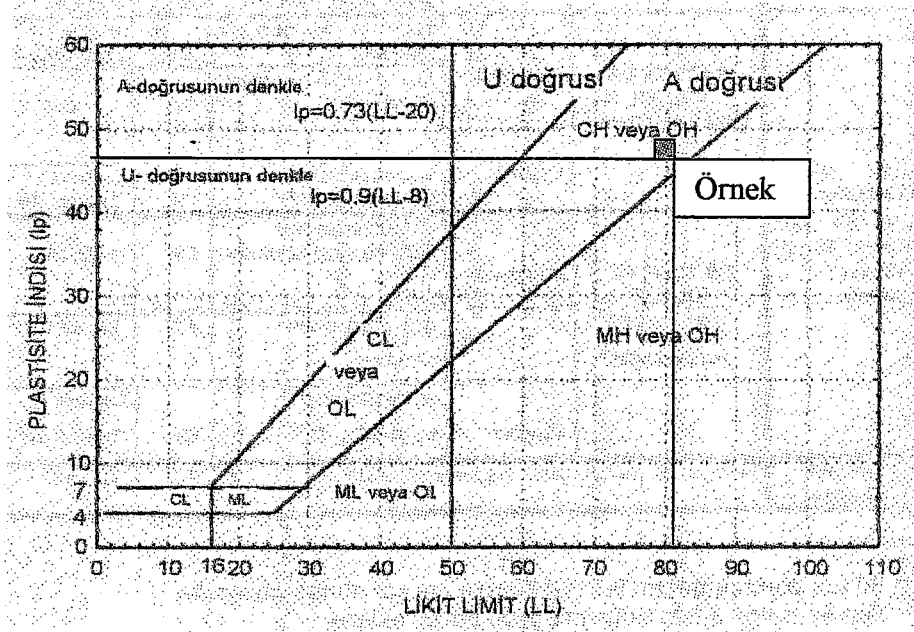


Şekil 39. Örneğe ait su muhtevası ( $\omega$ )-vuruş sayısı ilişkisi ve likit limit değeri

Bulunan bu sonuçlar IAEG ve Casagrande Plastisite grafiğinde yerlerine konulmuş ve zemin sınıflandırılmıştır.

Tablo 34. IAEG ' nin Likit Limit değerine göre yapmış olduğu zemin sınıflandırmasında çalışılan zeminin yeri.

PLASTİSİTE ÖZELLİĞİ	LİKİT LİMİT DEĞERİ (%)	DENEY SONUCUNDA BULUNAN DEĞER (%)
Düşük Plastisiteli	<35	
Orta Plastisiteli	35-50	
Yüksek Plastisiteli	50-70	
Çok Yüksek Plastisiteli	70-90	80
Çok Daha Yüksek Plastisiteli	>90	



Şekil 40. Casagrande Plastisite grafiği ve çalışılan örneğin bu grafikteki yeri (Aytekin, M. 2000' den alınmıştır.)

#### 3.3.6.2.4 Zeminin Granülometrisinin Belirlenmesi

Zemin içerisindeki dane boylarının dağılımını belirlemek amacıyla elek analizi yapılmıştır. Örneğin killi olması ve çakıl boyutundaki malzeme üzerine çoğunlukla yapışık olması dolayısıyla da elek analizi "yıkamalı elek analizi" olarak gerçekleştirilmiştir. Deneyde Şekil 42 de gösterilen 8-10-30-40-60-100-140 ve 200 nolu elekler kullanılmıştır.

Bu amaçla bir miktar kuru örnek alınmış, 24 saat su içerisinde bekletilmiştir. Bekletilen örnek içerisindeki kilin topaklaşmasını önlemek amacıyla su içerisine  $Na_6P_3O_{10}$  (Sodyum Hekzametafosfat) ilave edilmiştir. 24 saatin sonunda bekletilen örnek alınarak Şekil 42 deki elek takımı kullanılarak yıkamalı olarak elenmiştir. Daha sonra her elek üzerinde kalan örnek miktarı belirlenerek formül (9)' da verilen eşitlik kullanılarak her elekten geçen miktar (%P) tespit edilmiştir.

*Elekten geçen malzeme miktarı*

$$\%P = \frac{\text{Elekten geçen malzeme miktarı}}{\text{Elemeye tabi tutulan toplam malzeme miktarı}} \times 100 \quad (9)$$

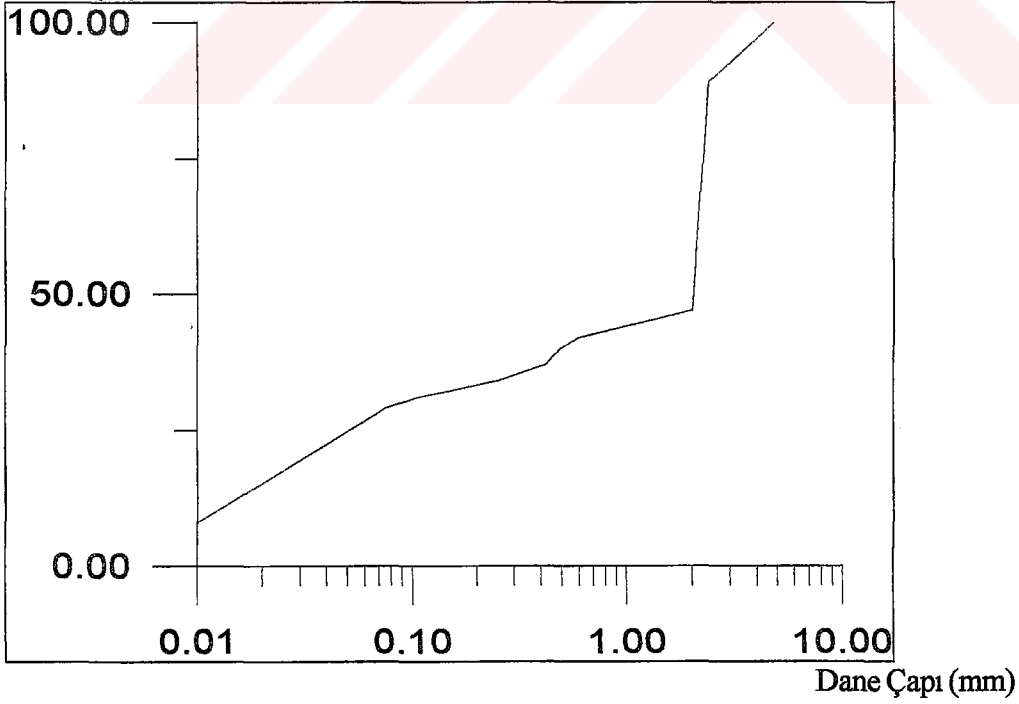
*Elemeye tabi tutulan toplam malzeme miktarı*

Dane çapı logaritmik yatay eksene, elekten geçen malzeme yüzdesi lineer düşey eksende gösterilmek suretiyle noktalar işaretlenmiş ve granülometri eğrisi çizilerek dane dağılımı belirlenmiştir (Şekil 41).

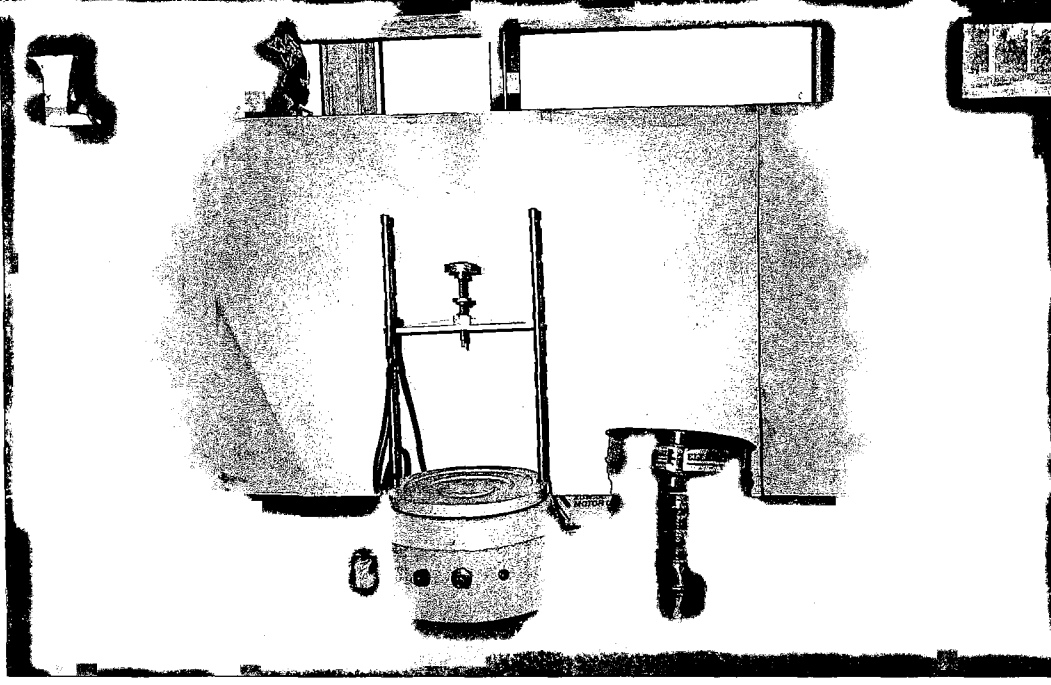
Tablo 35. Elek analizi deney sonuçları

ELEK NO	ELEK AÇIKLIĞI (mm)	GEÇEN MALZEME YÜZDESİ (%P)
8	2.36	89
10	2.00	47
30	0.59	42
40	0.49	40
60	0.42	37
100	0.25	34
140	0.105	31
200	0.074	29

Elekten Geçen Yüzde (%)



Şekil 41. V. Bölge zemin örneğine ait dane dağılım eğrisi



Şekil 42. Elek analizinde kullanılan standart elek takımları

Elde edilen deney sonuçları ve dane dağılım eğrileri kullanılarak zeminlerin Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemine (USCS) göre sınıflandırılması yapılmıştır. Buna göre V. bölgede yer alan zeminlerin sınıflaması Tablo 36' da verilmiştir.

Tablo 36. V. bölge zeminlerinin dane dağılımına göre sınıflandırılması

SINIFLAMA	AÇIKLAMA
Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması	Kumlu çakıl

### 3.3.6.3. DTA Analizi

V. bölge zeminlerinden alınan kil örneklerinin türünü belirlemek amacıyla DTA analizleri yapılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen grafikten bu kil türünün montmorillonit olduğu belirlenmiştir (Şekil 43).

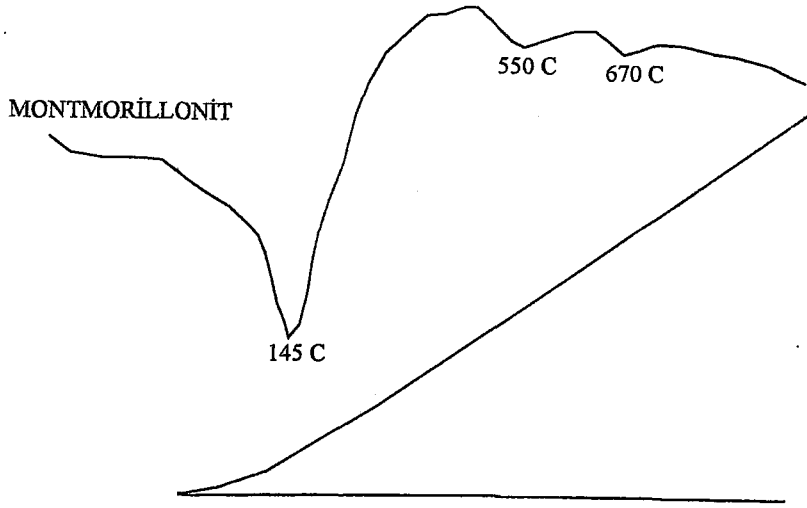
#### DTA

Sıcaklık Aralığı: 20 1100 ° C

Thermo element: PtRb %10 Pt

Sıcaklık Artışı: 10<sup>0</sup> C/ dakika

Kayıt Hızı: 2 mm/ dakika



Şekil 43. V. bölge zemin örneğine ait DTA grafiği

### 3.3.7. VI. Bölge Kayaçlarının Mühendislik Özellikleri

VI. bölgeyi oluşturan litolojik birim riyolitik breşlerden meydana gelmektedir. Bu birim çalışma güzergahında doğuda Madenli köyü Limanın tepe ve civarında, batıda ise Konak mahallesi ve civarında yüzeyleme vermektedir.

#### 3.3.7.1. Kayaçların Süreksizlik Özellikleri

##### 3.3.7.1.1. Süreksizlik Ara Uzaklığı ve Açıklığı

Birimdeki en önemli süreksizlikler çatlaklardır. Birime ait nadir sayıdaki yüzeylemede yapılan ölçümler sonucunda ortalama çatlak ara uzaklığının 60 cm ile 90 cm arasında değiştiği görülmektedir. Çatlak açıklıklarının ise 2 mm den 2 cm ye kadar değiştiği belirlenmiştir. Bu değerlere göre Deer (1963)' ün önerdiği sınıflandırma dikkate alındığında riyolitik breşin "Orta Çatlaklı" ve ISRM (1975)' in önerdiği sınıflandırmaya göre genellikle "Orta" ve "Çok Geniş" açıklıklı olduğu görülmüştür.

Tablo 37. Riyolitik breş yüzeylemelerinde ölçülen çatlak ara uzaklıklarına göre kayanın sınıflandırılması.

<b>Çatlak Ara Uzaklığı (Deer,1963)</b>	<b>Kaya Türü: Riyolitik Breş</b>	
<b>Çatlak Özelliği</b>	<b>Çatlak Ara Uzaklığı (cm)</b>	<b>Bulunan Çatlak Ara Uzaklığı Değeri</b>
Çok Sık	<5	60-90
Sık	5-30	
Orta	30-100	
Seyrek	100-300	
Çok Seyrek	>300	

Tablo 38. Riyolitik breş yüzeylemelerinde ölçülen çatlak açıklıklarına göre kayanın sınıflandırılması

<b>Çatlak Açıklığı (ISRM-1975)</b>	<b>Kaya Türü: Riyolitik Breş</b>	
<b>Tanımlama</b>	<b>Çatlak Açıklığı (mm)</b>	<b>Ölçülen Çatlak Açıklıkları</b>
Çok Sıkı	<0.1	1
Sık	0.1-0.5	
Orta	0.5-2.5	
Geniş	2.5-10	
Çok Geniş	>10	

### 3.3.7.1.2. Süreksizlik Dolguları

Yüzeylemelerde gözlenen çatlaklar genellikle kil dolgulu olup, dolgular çoğunlukla damar şeklinde gözlenmektedir. Dolgu maddesini oluşturan killer kahverengiden sarıya değişen renk tonları göstermektedir. Ayrıca kil dolgu yanında bunlara eşlik eden limonit ve hematit boyamaları da mevcuttur.

### 3.3.7.1.3. Süreksizlik Yüzeylerinin Pürüzlülüğü

İncelenen yüzeylemelerde gözlenen süreksizlik yüzeylerinin pürüzlülük durumunun saptanmasında kısım 3.3.2.1.4' de bahsedilen değerlendirme yöntemi kullanılmıştır.

Süreksizlik yüzeylerinde yüzeyin doğrultusuna dik ve paralel ikinci derece pürüzlülüğün ölçüldüğü bu yöntem sonucunda riyolitik breşin içermiş olduğu süreksizlik yüzeylerinin pürüzlülük durumlarının JRC indeks değerine göre doğrultuya dik durumlarda ortalama 8-10, doğrultuya paralel durumlarda ise 10-12 ila 12-14 arasında değiştiği belirlenmiştir.

### 3.3.7.1.4. Kayaçta Ayrışma Durumu

Riyolitik breşi oluşturan bileşenleri granül ve bağlayıcı olarak ele alındığında bağlayıcı olarak görevi olan malzemenin tuf karakterli olduğu gözlenmektedir. Bu bağlayıcı malzemenin içerisinde bulunan riyolitik çakılların büyük çoğunluğunun Little (1969) ve Deerman (1974)' ün arazi gözlemlerine dayanan sınıflandırmasına göre yüksek derecede ayrıştığı görülmüş olup, birkaç çekiç darbesiyle kolayca kırılıp dağıldıkları görülmüştür. Bunun yanı sıra özellikle tuf karakterli bağlayıcı malzemenin hidrotermal aktivitelerden daha yoğun olarak etkilendikleri limonit ve hematit gibi bileşenlerinin varlığı ile belgindir.

### 3.3.7.2. VI. Bölge Kayaçlarının Fizikomekanik Özellikleri

Bu bölümde VI. Bölge kayaçlarının fizikomekanik özellikleri, araziden alınan şekilsiz örnekler üzerinde yapılan laboratuvar deneyi ve arazide yapılan tanımlayıcı gözlemlerle belirlenmeye çalışılmıştır.



### 3.3.7.2.1. Fiziksel Özellikler

VI. bölgeye ait kayaçların fiziksel özelliklerinden sadece sertliği ele alınmıştır.

#### 3.3.7.2.1.1. Sertlik

Riyolitik breşlerin sertlik değerini belirlemek amacıyla incelenen kaya yüzeylemelerindeki süreksizlik yüzeylemelerinde yapılan Schmidt çekici ölçümlerinden faydalanılmıştır. Birimin granüler oluşu ve bileşenlerinin yüksek derecede ayrılmış olmaları nedeniyle ölçüm yapımında zorluklarla karşılaşmış, yer yer daha sağlam nitelikli blok ve çakıllar ölçüm noktaları olarak alınmıştır. Schmidt çekici okumaları, ölçüm alınan her yüzey için 20 adet olarak yapılmıştır.

Buna göre elde edilen ortalama sertlik değeri Tablo 39’ da verilmiştir.

Tablo 39. Riyolitik breşe ait ortalama Schmidt çekici geri tepme sayısı

Kaya Türü	Geri Tepme Sayısı (R)
Riyolitik Breş	21

Bu değere göre riyolitik breşin De Beer , (1967) ‘ nin önerdiği sınıflamada 21 sertlik değerine göre “Çok Yumuşak Kaya” sınıfında yer aldığı belirlenmiştir.

#### 3.3.7.2.2. Mekanik Özellikler

VI. bölgeye ait birimlerin mekanik özelliklerinden sadece nokta yük direnci belirlenmiş, bu değer yardımıyla ve kullanılan amprik eşitlik sayesinde birime ait ortalama bir basınç direnci değeri bulunmuştur.

##### 3.3.7.2.2.1. Nokta Yük Direnci

VI. bölge kayaçlarının nokta yük dirençleri, araziden alınan şekilsiz örnekler üzerinde yapılan deneylerle saptanmıştır.

Deneylerde Broch ve Franklin (1972) ve Bieniawski (1975) tarafından önerilen nokta yük direnci deney esasları uygulanmış ve Şekil 22 de gösterilen deney aleti kullanılmıştır.

Nokta yük direncinin hesaplanmasında Formül (2) kullanılmıştır.

Bu deney sonucunda riyolitik breşe ait nokta yük direnci değeri  $25.63 \text{ kg/cm}^2$  olarak bulunmuştur.

Tablo 40. Riyolitik breşe ait ortalama nokta yük direnci değeri

Kaya Türü	Deney Sayısı	$I_{S(50)} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$
Riyolitik Breş	20	25.63

### 3.3.7.2.2. Tek Eksenli Basınç Direnci

Kayaların tek eksenli basınç direnci ve nokta yük direnci genellikle korole edilebilir. Nokta yük direncinin 20-25 katı tek eksenli basınç direnci değerine karşılık gelir. Fakat bu şekilde bulunan değerlerin çok güvenilir olmadığı, bununla beraber kayanın tek eksenli basınç direnci deneyinin yapılması gerektiği belirlenmiştir (Franklin ve Dusseault, 1989).

Buradan hareketle riyolitik breş birimine ait tek eksenli basınç direnci değerinin bulunması amacıyla tek eksenli basınç direnci deneyi yapılamamış, bunu yerine bu değer, nokta yük deneyi sonucunda elde edilen  $I_{S(50)}$  değeri kullanılarak ve Broch ve Franklin, (1972) tarafından önerilen aşağıdaki eşitlik yardımıyla tespit edilmiştir.

$$\sigma = I_{S(50)} \cdot 22 \quad (10)$$

Bu eşitlik yardımıyla hesaplanan ortalama tahmini basınç direnci değeri aşağıdaki Tablo 10' da verilmiştir.

Tablo 41. Nokta yük direnci değeri kullanarak hesaplanan ortalama tahmini tek eksenli basınç direnci değeri.

Kaya Türü	Tahmini Tek Eksenli Basınç Direnci Değeri (kg/cm <sup>2</sup> )
Riyolitik Breş	563.86

### 3.3.8. Kayalara İlişkin Kaya Kütle Sınıflaması Uygulamaları

Temelde kaya kütle sınıflandırmaları mühendislik dizaynı için bir alt grup olarak alınmamalıdır. Bu sınıflandırmalar çok dikkatli bir şekilde uygulanmalı, çalışma alanının jeolojisi ve yapılacak olan dizayn elemanları ile uyumlu olacak biçimde analitik ve gözlemsel desteklerle formüle edilmelidir. Dolayısıyla amaca uygun biçimde ve doğru olarak kaya kütle sınıflamaları kullanıldığı zaman dizayn aşamasında kuvvetli sonuçlar elde edilebilecek ve çalışmaya oldukça faydalı yararlar sağlayacaktır.

Bu kapsamda kaya kütle sınıflamalarının amaçları şu şekilde sıralanabilir.

- Kaya kütlelerinin davranışına etki eden en önemli parametrelerin tanımlanması
- Tek bir kaya kütlelerini, benzer davranışlar gösteren alt gruplara bölmek
- Her bir kaya kütle sınıfının özelliklerinin anlaşılması için temel oluşturmak
- Bir yerdeki kaya kütle şartları ile diğer bir yerde karşılaşılan kaya kütle durumunun ilişkilendirilmesini sağlamak
- Mühendislik dizaynı için yol gösterici sayısal veriler üretmek
- Mühendisler arasındaki iletişim için bir temel altlık oluşturmak.

Bu sayılan maddelerden de anlaşılacağı gibi kaya kütle sınıflandırmaları temelde bir mühendislik projesinde projenin dizaynı yani tasarlanmasında çok önemli rol oynamaktadır. Günümüzde özellikle tünel açımında, şev stabilite tasarımında, baraj gibi büyük mühendislik yapılarının temel kayası araştırmalarında ve madencilik çalışmalarında kaya kütle sınıflamaları yaygın olarak ve efektif bir biçimde kullanılmaktadır.

Bu amaçla çeşitli araştırmacılar tarafından farklı parametreler kullanılmak suretiyle değişik kaya kütle sınıflamaları yapılmıştır. Bunlara arasında RSR (Rock Structure Rating),

RMR (Rock Mass Rating) ve Q sistemleri en yaygın olarak kullanılan sınıflandırmalar arasında sayılabilir.

Bu çalışmada , kullanılan parametreler açısından çalışma amacına en uygun olduğu düşünülen RMR sınıflandırması kullanılmıştır.

### 3.3.8.1. RMR (Rock Mass Rating=Kaya Kütle Puanlaması) Sistemi

RMR veya diğer bir adıyla Jeomekanik Sınıflama olarak da bilinen sınıflandırma 1972-1973 yılları arasında Bieniawski tarafından geliştirilmiştir. Bu tarihten günümüze kadar değişik araştırmacılar tarafından değişik amaçlarla bu sınıflandırma modifiye edilmiştir.

RMR sınıflandırmasında aşağıdaki 6 parametre kullanılmaktadır.

- Kaya malzemesinin tek eksenli basınç direnci ( $\sigma_c$ )
- Kaya kalite oranı (RQD)
- Süreksizlik ara uzaklığı
- Süreksizliklerin durumu
- Yeraltı su durumu
- Süreksizliklerin yönelimi

Bu parametrelerin belirlenmesinden sonra kaya kütesine ait RMR puanları her parametre için Tablo 42 de verilen çizelge yardımıyla tespit edilir. Daha sonra elde edilen bu puanlar toplanarak söz konusu kaya kütesi için bir toplam RMR puanı elde edilir. Elde edilen bu puana göre kaya kütesi sınıflandırılır. Bu sınıflandırma kullanılarak kaya kütesine ilişkin bazı diğer ek bilgiler de (kaya kütle kohezyonu ve içsel sürtünme açısı, destekli dayanma zamanları gibi...) sağlanabilir.

Tablo 42 Kaya kütle puanlama sisteminde ( RMR ) kullanılan çizelge

## A. SINIFLANDIRMA PARAMETRELERİ VE BUNLARIN PUANLAMALARI

Parametreler		Değer Aralıkları						
Sağlam Kaya Malzemesi Direnci	Nokta Yük İndeksi (MPa)	>10	4-10	2-4	1-2	Bu dar aralıkta tek eksenli basıncı deneyi tercih edilir		
	Tek eksenli basıncı direnci (MPa)	>250	100-250	50-100	25-50	5-25	1-5	<1
Puanlama		15	12	7	4	2	1	0
Karot Kalitesi RQD (%)		90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
	Puanlama	20	17	13	8	3		
Süreksizlik ara uzaklıkları		>2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm		
	Puanlama	20	15	10	8	5		
Süreksizliklerin durumu	Çok pürüzlü yüzey Süreksiz Ayrılma yok Ayrışmamış çatlak duvarı	Hafifçe pürüzlü yüzeyler Ayrılma <1 m Hafifçe ayrılmış çatlak duvarı	Hafifçe pürüzlü yüzeyler Ayrılma <1 m Hayli ayrılmış çatlak duvarı	Kayma izli yüzeyler Çıkmı < 5 mm veya Ayrılma 1-5 mm Sürekli	Yumuşak çıkmı > 5 mm veya Ayrılma >5 mm Sürekli			
	Puanlama	30	25	20	10	0		
Yeraltı suyu	Tünel uzunluğunun her 10 m'sindeki akış (L/dak)	Yok	<10	10-25	25-125	>125		
	Çatlak suyu Oran Birincilgerilme	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.6	>0.5		
Genel durum		Tamamen kuru	Nemli	Islak	Damlayan	Akan		
	Puanlama	15	10	7	4	0		

## B. SÜREKSİZLİK YÖNELİMLERİ İÇİN PUANLAMA

Süreksizliklerin doğrultu ve eğimleri		Çok uygun	Uygun	Orta	Uygunsuz	Çok Uygun
Puanlama	Tünel ve madenler	0	-2	-5	-10	-12
	Temeller	0	-2	-7	-15	-25
	Şevler	0	-5	-25	-50	-60

## C. TOPLAM PUANLAMALARDAN BELİRLENEN KAYA KÜTLE SINIFLARI

Puanlama	100-81	80-61	60-41	40-21	<20
Sınıf No	I	II	III	IV	V
Tanımlama	Çok İyi Kaya	İyi Kaya	Orta İyi Kaya	Zayıf Kaya	Çok Zayıf Kaya

## D. KAYA KÜTLE SINIFLARININ ANLAMI

Sınıf No	I	II	III	IV	V
Ortalama Dayanma Zamanı	20 yıl-15 m lik kemer	1 yıl-10 m lik kemer	1 hafta-5 m lik kemer	10 saat-2.5 mlik kemer	30 dakika-1 m lik kemer
Kaya kütle kohezyonu (kPa)	> 400	300-400	200-300	100-200	<100
İşsel sürtünme açısı(derece)	>45	35-45	25-35	15-25	<15

### 3.3.8.1.1. Çalışma Alanında Bulunan Kayaçlara İlişkin RMR Sınıflaması Uygulaması

Çalışma alanında yüzeyleme veren ve mühendislik jeolojisi haritasında kaya birimi olarak ayrırtlanan ve RMR puanlamasına uygun parametrelerin elde edilebildiği I.ve II. Bölge kayaçlarına ait RMR sınıflaması yapılmıştır. Söz konusu birimlerin tünel kayası olma, temel kayası olma ve şev kütlesi olması açısından üç ayrı durumdaki RMR puanları hesaplanmış, sınıflandırılmış ve bu kaya kütlelerine ait RMR sınıflamasına dayalı kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı ( $\phi$ ) değerleri belirlenmiştir.

Bu kapsamda I.bölgede yer alan kireçtaşı birimi ve II. bölgede yer alan riyodasit birimine ait RMR puanları, ilgili parametrelerine göre aşağıdaki tabloda verildiği üzere değerlendirilmiştir.

Tablo 43. Kireçtaşına ait RMR değerlendirmesi

Kaya Türü:	Değer	Puanlama			
			Tünel	Temel	Şev
Kireçtaşı					
RQD	85.11	17	$RMR_{BASIC}=69$  $RMR_{TUNEL}=57$  $RMR_{TEMEL}=44$ <b>Düzeltilmiş RMR</b> $RMR_{SEV}=9$ <b>değerleri</b>		
$\sigma_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	896.73	7			
Çatlak Ara Uzaklığı (mm)	300-400	10			
Süreksizlik Durumu	Hafif Pürüzlü Hafifçe Ayrışmış	25			
Yeraltı Su Durumu	Yok	10			
Süreksizlik Yönelimi	Tünel eksenine paralel, 45 <sup>0</sup> -90 <sup>0</sup> Eğimli		-12	-25	-60

Tablo 44. Kireçtaşı biriminin düzeltilmiş RMR puanlamasına göre kaya kütle sınıflaması

Sınıflandırma Amacı	RMR Puanı	Toplam Puanlamadan Belirlenen Kaya Kütle Sınıfı
Tünel	57	Orta Kalite Kaya
Temel	44	Orta Kalite Kaya
Şev	9	Çok Zayıf Kaya

Tablo 45. Riyodasite ait RMR değerlendirmesi

Kaya Türü: Riyodasit	Değer	Puanlama			
			Tünel	Temel	Şev
RQD	84.76	17	$RMR_{TÜNEL}=54$	Paralel, Dik-Eğimle	
$\sigma_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	505	7	$RMR_{TEMEL}=41$	aynı yönde	
Çatlak Ara Uzaklığı (mm)	350-550	10	$RMR_{ŞEV}=6$	<u><math>RMR_{BASIC}=66</math></u>	
Süreksizlik Durumu	Hafif Pürüzlü Hafifçe Ayrışmış	25	$RMR_{TÜNEL}=61$ $RMR_{TEMEL}=59$	Dik-Eğime karşı	
Yeraltı Su Durumu	Yok	10	$RMR_{ŞEV}=41$		
Süreksizlik Yönelimi	Tünel eksenine paralel		-12	-25	-60
	Dik, Eğimle aynı yönde		-12	-25	-60
	Dik, Eğime karşı 45°-90°		-5	-7	-25

Tablo 46. Riyodasit biriminin düzeltilmiş RMR puanlamasına göre kaya kütle sınıflaması

Sınıflandırma Amacı	RMR Puanı		Toplam Puanlamadan Belirlenen Kaya Kütle Sınıfı	
	Paralel Dik-Eğimle aynı yönde (1)	Dik-Eğime Karşı (2)	(1)	(2)
Tünel	54	61	Orta kaliteli	İyi kaliteli
Temel	41	59	Orta kaliteli	Orta Kaliteli
Şev	6	41	Çok zayıf kaliteli	Orta Kaliteli

Bu değerlendirmeler arasında riyodasit birimine ait muhtemel tünel güzergahının eksenini ile süreksizliklerin eksenleri arasındaki ilişki tam olarak bilinmediğinden, olası tüm değerlendirme parametreleri dikkate alınmıştır. Kireçtaşı ise böyle bir belirsizlik söz konusu olmadığından sadece tünel eksenini ile süreksizlik doğrultularının paralel olması durumu irdelenmiştir.

Elde edilen RMR puanları yardımıyla söz konusu birimlere ait kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri de hazır tablolar kullanılmak suretiyle Tablo 47' de verildiği gibi tahmin edilmiştir.

Tablo 47. Kireçtaşı kaya kütlelerine ait kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri. (Düzeltilmiş değerlere göre alınmıştır)

Kaya Türü: Kireçtaşı	Tünel	Temel	Şev
C (kg/cm <sup>2</sup> )	1.5-2	1.5-2	<1
φ (Derece)	35-40	35-40	<30



Tablo 48. Riyodasit kaya kütlesine ait kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri. (Düzeltilmiş değerlere göre)

Kaya Türü: Riyodasit	Paralel Dik-Eğimle aynı yönde			Dik-Eğime karşı		
	Tünel	Temel	Şev	Tünel	Temel	Şev
C (kg/cm <sup>2</sup> )	2-3	2-3	<100	3-4	2-3	2-3
φ (Derece)	25-35	25-35	<15	35-45	25-35	25-35

### 3.4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulaması

#### 3.4.1. GIS (Geographical Information Systems) Nedir?

Tanımsal olarak pek çok araştırmacı tarafından değişik tanımlamaları yapılmış olan GIS, temelde bir bilgisayar programı mı yoksa bir sistem mi olduğu noktasında tartışmalıdır. Fakat genel tanımlamalar ışığında özet olarak GIS; konuma dayalı (koordinat tabanlı) coğrafi her türlü verinin değişik kaynaklardan elde edilen veriler şeklinde bilgisayar ortamında saklanması, analiz edilmesi ve sonuç üretmeye imkan tanıyan bir sistemdir.

GIS ilk olarak 1970' li yılların ortalarında kullanılmaya başlamış, 1980' lerin sonlarına doğru ivme kazanmış ve günümüzde coğrafi verilerle uğraşan bilim adamları ve uygulamacıların vazgeçilmez yardımcısı olmuştur.

GIS' in tüm amacı, konuma dayalı karar verme desteği sağlamaktır. Bu kapsamda özellikle yerbilimciler tarafından geniş bir uygulama alanı çerçevesinde kullanılmaktadır. Maden jeologları potansiyel cevherleşme alanlarının belirlenmesinden bunların değerlendirilmesine kadar pek çok noktada GIS'i kullanırken jeoloji mühendisleri GIS ile şev stabilitesi ve kütle hareketleri şartlarını değerlendirebilmekte, böylelikle yeni bir yol güzergahı için en iyi seçimin yapılmasına olanak sağlamaktadır.

Genel olarak bakıldığında GIS in temel amaçları şu aktiviteler yardımıyla gerçekleştirilmektedir:

- Organizasyon
- Gösterim (Visualization)
- Sorgulama (Query)
- Birleştirme (Combination)
- Analiz
- Tahmin

### 3.4.2. GIS'in Bileşenleri

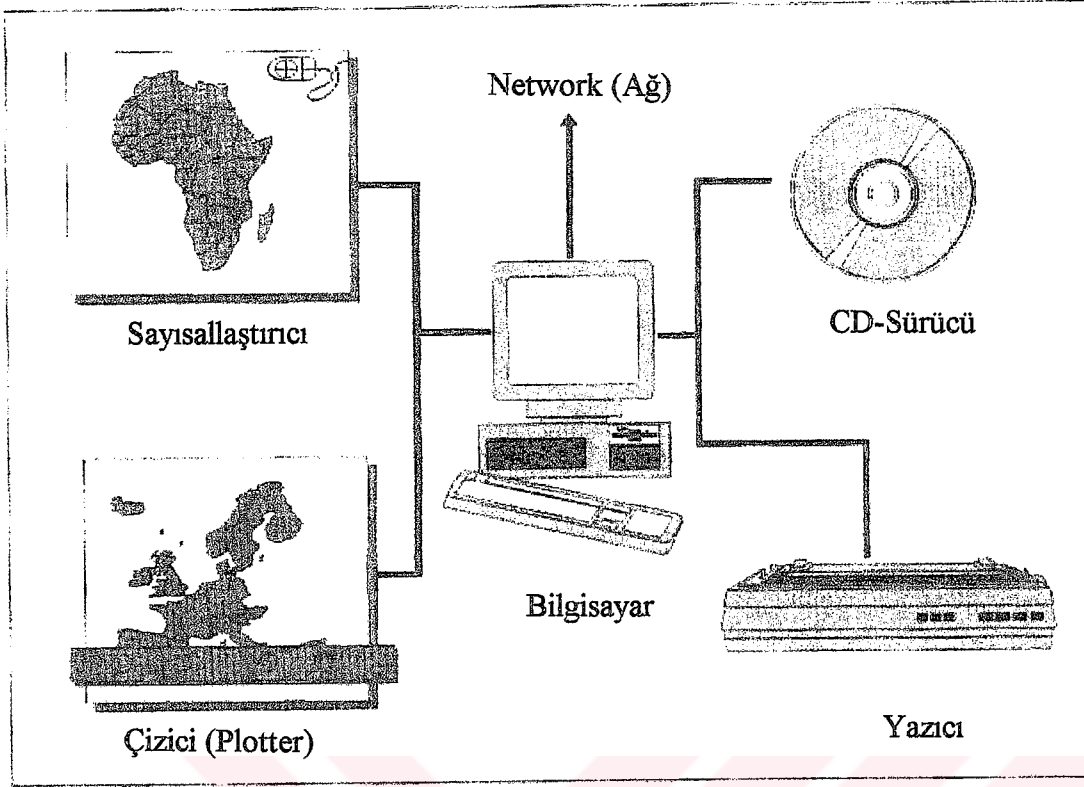
GIS üç önemli bileşene sahiptir.,

1. Uygun bilgisayar donanımı (hardware)
2. Yetenekli bilgisayar programları (software)
3. İyi yetişmiş kalifiye eleman.

Bu üç bileşen tatminkar bir sonuç için gerekli temel bileşenlerdir.

#### 3.4.2.1. Bilgisayar Donanımı

Bir GIS için gerekli donanım bileşeni Şekil 44' de sunulmaktadır. Bilgisayar verileri ve programları saklamak amacıyla uygun nitelikte bir sabit diske (hardisk) sahip olmalıdır. Fakat daha fazla bilgi saklamak bir ağ (network) veya dijital kasetler, optik CD-ROM lar ve diğer yardımcı donanımlar vasıtasıyla yapılabilmektedir. Bir sayısallaştırıcı (digitizer) veya bir tarayıcı (scanner) harita veya diğer dökümanları bilgisayar programları ile kullanılabilir diye sayısal (digital) bir forma dönüştürür. Bir plotter (çizici), bir yazıcı veya diğer sunum araçları, işlenen verilerin sonuçlarının gösterilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bilgisayarlar arası iletişim ise özel fiber optikli veri hatları kullanan yerel veya global ağlar veya normal telefon hatlarını kullanan ve "modem" olarak isimlendirilen araçlar yardımıyla sağlanmaktadır. Kullanıcı bilgisayar ve diğer çevre birimlerini bilgisayar ekranı, klavye, mouse veya işaretleyici bir araç yardımıyla kontrol eder.



Şekil 44. Bir coğrafi bilgi sisteminin temel donanım bileşenleri (Burrough,P. ve McDonnel,R.A. 1998 den alınmıştır).

#### 3.4.2.2. GIS Yazılımı

Bir coğrafi bilgi sistemi için yazılım beş fonksiyonel gruba ayrılabilir:

1. Veri girişi
2. Veri depolama ve veritabanı yönetimi
3. Veri çıktısı ve gösterim
4. Veri dönüşümü
5. Kullanıcı ile etkileşim

Veri girişi harita üzerindeki bilgi, saha gözlemleri, hava fotoğrafları, uydu görüntüleri GPS verileri ve diğer tüm konumsal veri özelliklerinin standart sayısal bir şekle dönüştürülmesi anlamını taşımaktadır.

Veri depolama ve veri tabanı yönetimi verilerin lokasyonları, bağlantıları (topoloji) ve coğrafik elemanların (yeryüzündeki nesnelere temsil eden nokta, çizgi, alan ve daha

karmaşık gösterim şekilleri) öznelik bilgileri ile ilgilenmektedir.

Veri çıktısı ve gösterimi verilerin gösterimi ve analiz sonuçlarının kullanıcıya hangi şekilde sunulacağı ile ilgilenmektedir. Veriler harita, tablo veya şekiller biçiminde sunulabilir.

Veri dönüşümü iki adımda gerçekleşir. İlk olarak verilerdeki hatalar giderilir ve veri güncellenir. İkinci adımda ise güncellenmiş verilerin kullanımı söz konusudur. Veri dönüşümü sayesinde ölçek değişimleri, veriyi yeni projeksiyon sistemlerine uygun hale getirme, verinin mantıksal ele alımı ve hesaplama gibi işlemler gerçekleştirilebilir.

Tüm bu işlemlerin sonucu olarak elde edilmiş olan çıktı (sonuç) kullanıcı tarafından amaca uygun biçimde kullanılmaktadır.

Günümüzde GIS için üretilen pek çok yazılım mevcuttur. Bu yazılımlar hem PC (personal computer), hemde Workstation uyumlu olup Windows, Unix, Solaris vb... gibi işletim sistemleri ile uyumlu olarak çalışmaktadır. ESRI firmasının üretmekte olduğu *ArcInfo* ve *ArcView*, Intergraph firmasının ürettiği *GeoMedia*, ve diğer firmaların ürettiği *AutoCad Map*, *Idrisi*, *Erdas*, *ErMapper*, *MapInfo* günümüzde piyasada kullanılmakta olan ve en çok tercih edilmekte olan GIS, Uzaktan Algılama ve Image Processing yazılımlarından bazılarıdır.

### 3.4.2.3. GIS'in Kullanım Alanları

Jeolojik kaynakların araştırılması, risk ve zarar (hazard) değerlendirmeleri , çevresel etki değerlendirmeleri ve alan seçimi gibi çalışmalar pek çok eş zamanlı uygun konumsal verinin birarada değerlendirilmesini gerektirmektedir. Bu amaçla GIS' in kullanımı özellikle yer bilimlerinde büyük bir önem taşımaktadır. Yerbilimlerinde GIS' in uygulandığı alanlara bakılacak olursa karşımıza şu çalışma alanları çıkmaktadır:

Şev stabilitesi ve heyelanlarla ilişkili olarak risk ve zarar haritalaması, deprem zarar haritalaması, volkanik aktivasyon etkileri, akarsu ve tsunamiler sonucu oluşacak olan taşkınların etki alanlarını belirlenmesi, karasal erozyon alanlarının belirlenmesi, madencilik ve endüstriyel aktiviteler etkisiyle oluşan çevresel kirlenmesini etkileri ve global ısınma etkileri.

Mühendislik projeleri için yer seçimi, katı ve nükleer atıkların saklanması için yer seçimi, mühendislik altyapı hizmetleri (infrastructure) organizasyonu, kara ve demiryolu güzergahlarının seçiminde , baraj, büyük iş ve yerleşim alanlarının tesbitinde.

Petrol, doğalgaz, su, , jeotermal enerji, kömür, kum, çaklı gibi yapı malzemesi, metalik ve metalik olmayan cevherleşmeler gibi çeşitli jeolojik kaynakların değerlendirilmesi.

Kayaç, toprak ve sudaki jeokimyasal olaylar sonucu insan, bitki ve hayvanlar üzerinde hastalıklara sebebiyet veren olaylar gibi farklı konumsal veri grupları arasındaki çevresel ilişkilerin olası sebep ve etkilerinin araştırılması.

Bölgesel jeokimyasal ve jeofiziksel işaretler yardımıyla uydu görüntüleri sayesinde litoloji ve bitki örtüsü gibi veri grupları arasındaki konumsal ilişkilerin araştırılması.

#### 3.4.2.3.1. Mühendislik Jeolojisinde GIS' in Önemi

Yukarıda belirtilmiş olan alanlar içerisinde mühendislik jeolojisi ile ilgili GIS çalışmalarından söz edilmiş olmasına karşın bu çalışmanın temel amacına uygun olması nedeniyle Mühendislik Jeolojisinde GIS bahsinin ayrıca ele alınması uygun görülmüştür. Günümüzde özellikle kütle hareketlerinin incelenmesi ile ilgili çalışmalarda GIS önemli bir yer tutmaktadır. Gerek yol çalışmaları gerekse baraj, köprü gibi mühendislik yapılarının inşasında yer seçimi sırasında, gerekse inşaat esnasında daha ziyade geniş ölçekte kütle hareketlerinin değerlendirilmesi hususunda GIS' den faydalanılmaktadır. Örneğin bir bölgeye ait yapılacak olan heyelan risk yada zarar potansiyeli değerlendirme çalışmasında probleme etkiyen litoloji, ayrışma, bitki örtüsü, eğim değişimi, jeoteknik özellikler, tektonik durum, yerleşim yoğunluğu gibi pek çok parametre bir arada değerlendirilerek daha etkili bir sonuç elde etmek mümkün olmaktadır. Buna örnek olarak Şekil 51' deki çalışma alanına ait Kütle Hareketleri Risk Haritası gösterilebilir. Ayrıca söz konusu çalışma alanına ait yapılacak üç boyutlu saha modelleri ile arazinin genel topoğrafik durumu net bir biçimde ortaya konabilmekte, böylelikle tünel, köprü, baraj gibi yapılar için en uygun fiziksel ortamın neresi olduğu hususunda daha efektif karar verme şansı doğmaktadır.

Bundan başka özellikle yerleşim alanlarının belirlenmesi esnasında yapılan jeoteknik amaçlı sondajlar yardımıyla üç boyutlu sondaj log modellemeleri yapılmakta, dolayısıyla bu şekilde elde edilen veriler yardımıyla dizayn aşamasında daha sağlıklı ve doğruya en yakın kararların verilebilmesi mümkün olmaktadır.

Özellikle Hidrojeoloji alanında da GIS' den yararlanılmaktadır. Yine yapılan üç boyutlu saha modelleri ile akifer niteliği taşıyan yerler kolayca tespit edilmekte, yeraltı suyunun genel durumu, akış yönü, beslenme havzası gibi bilgiler bu sayede elde edilebilmektedir.

#### 3.4.2.4. GIS' de Veri Tipi Kavramı

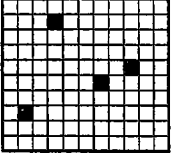


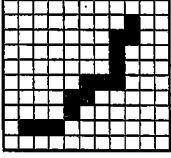
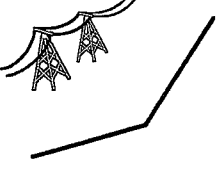
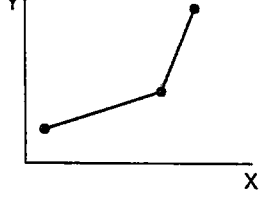
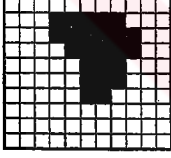
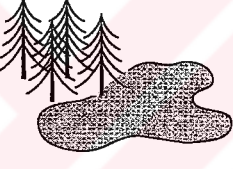
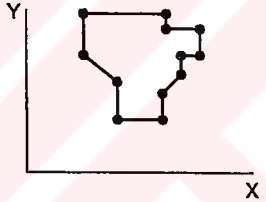
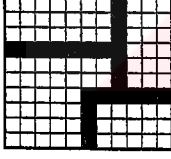
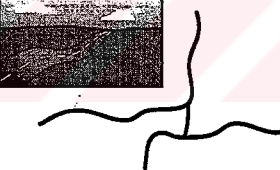
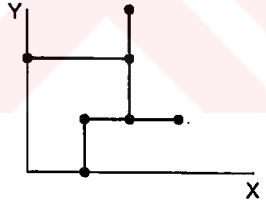
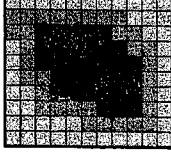

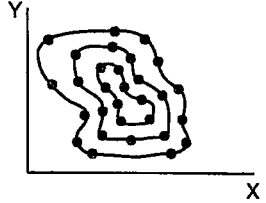
Gerçek dünya üzerinde bulunan her türlü coğrafi varlık GIS' de temsili bir gösterimle ifade edilmektedir. Örneğin yollar ve akarsular çizgilerle, evler noktalarla, tarlalar poligonlarla ifade edilmektedir. Veya aynı varlıklar pixel adı verilen sayısal hücrelerle yada TIN adı verilen (Triangulated irregular network) üçgensel ağlar yardımıyla ifade edilirler. İşte bu veri gösterim biçimleri sırasıyla;

1. Vektör veri modeli
2. Raster (Hücre) veri modeli
3. TIN (Triangulated irregular network) veri modelidir.

Bu veri türlerinden vektör ve raster veri türleri en sık kullanılan veri modelleri arasında olup, özellikle yüzey modellemelerinde ise TIN veri modeli tercih edilmektedir. Şekil ... de raster ve vektör veri modellerinin şematik gösterimi verilmektedir.

Raster veri modelinde her özellik resim birimleri (pixel) ile ifade edilmesi gerekmektedir. En küçük nokta özellik tek bir pixel ile ifade edilmekte olup pixelin büyüklüğüne eşit bir alana sahiptir.

Vektör veri modelinde her konumsal veri bir vektör grubu ile temsil edilmektedir. Bir nokta özellik, her iki doğrultuda dejener olmuş ve uzunluğu sıfıra eşit olan bir vektör ile temsil edilmektedir.

Dünyanın Raster Görünümü	Bazı Konumsal Varlıklar	Dünyanın Vektör Görünümü
	 Noktalar: Oteller	
	 Çizgiler: Kayak Hatları	
	 Alanlar: Ormanlar	
	 Ağlar: Yollar	
	 Yüzey: Yükseklik	

Şekil 45. Vektör ve raster veri modellerinin gösterimi (Heywood, Cornelius ve Carver, 1998' den alınmıştır).



Bir çizgi özellik ise bir seri vektörle temsil edilmektedir. Bir vektörün genişliği ölçülebilir olmadığından çizgi özellikler bir boyutludur ve sadece birbirine bağlantılı vektörlerin uzunluğunun bir anlamı vardır.

Bir çokgen özellik ise kapalı bir alan olarak biçimlenen bir seri vektör tarafından temsil edilmektedir. Bir çokgenin alanı ölçülebilir bir değerdir.

Vektör ve raster veri modellerinin özellikleri ve kullanım alanları açısından değerlendirildiklerinde birbirlerine göre bazı üstünlükleri vardır. Bunlardan bazıları şu şekilde sıralanabilir:

Vektör veri modelinin odaklandığı başlıca konu coğrafi özellik iken raster veri modeli konum ile ilgilenir

Vektör veri sınırları tanımlarken raster veride tanımlanmış bir sınır yoktur.

Vektör veri modelinde konumlar bir Cartesian koordinat sisteminde x, y koordinatları olarak temsil edilirken raster modelde konumlar yine bir Cartesian koordinat sistemi içinde ancak hücreler ile temsil edilmektedir.

Vektör model kadastro uygulamalarında olduğu gibi kesinlik ve kararlılığın önemli olduğu yüksek kalitede kartografik uygulamalarda kullanılmaktadır. Raster veri modelinde ise görüntü/resim saklamak için elverişlidir ve optimum koridor rota seçimi ve yüzey akış modellemesi gibi uygulamalar için uygundur.

Vektör veri modeli overlay (bindirme) işlemi için oldukça karmaşık bir işlemken, aynı işlemin raster veri modelinde uygulanması daha basit ve hızlıdır.

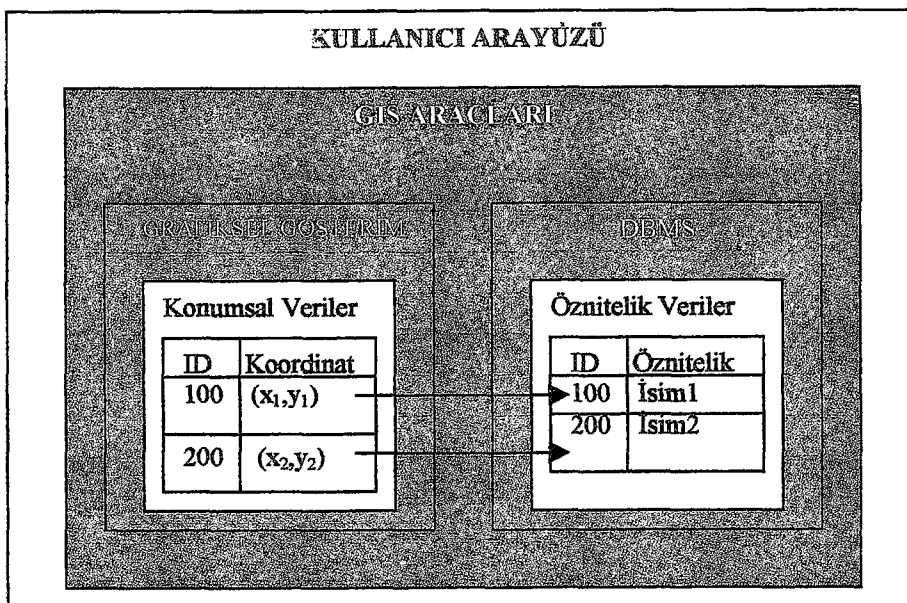
TIN veri modelinde ise bir düzlem üzerinde düzensiz dağılmış noktaların birbirine bağlanan üçgenlerden oluşan bir ağ ile birleştirildiği bir veri modelidir. TIN veri modeli daha ziyade topografyayı dijital olarak gösteren bir veri yapısı olarak kullanılır. Özellikle yüzeylerin eğim ve yönlerinin (aspect) hesaplama algoritmalarında, otomatik konturlamalarda ve yüzey gölgelendirmelerinde topolojik yapının etkili bir şekilde kullanılmasına imkan tanır. Ayrıca TIN veri modeli raster veri yapılarından daha az yer

kaplaması bakımından üstündür.

### 3.4.2.5. Grafik ve Öznitelik (attribute) Bilgilerinin Entegrasyonu

GIS' in temel yapı taşları esas olarak coğrafik veriyi görsel olarak ifade eden Grafik veri ve bu veriye ait olan öznitelik bilgisi yada kimlik bilgisidir. Grafik veri CAD (Computer Aided Design) tabanlı programlar yardımıyla kullanıma hazır hale getirirken öznitelik verilerine ilişkin bilgiler bir veri tabanı olarak veri tabanı yönetim sistemi çerçevesinde uygun yazılımlar (dbase, Acces, SQL gibi...) vasıtasıyla kullanıma hazır biçime getirilirler. Ancak salt bu iki veri grubunun tek başlarına bir anlam taşıdıkları GIS mantığına göre söylenemez. Bu açıdan bakıldığında bu iki veri grubunun birbiri ile ilişkilendirilmesi şarttır. İşte bu amaç için yazılmış özel GIS yazılımlarının görevi de burada başlamaktadır.

Örneğin kütle hareketlerinin incelendiği bir alan ele alınacak olursa buradaki litolojik birimlerin herhangi bir veri gösterim şekli ile ifadesi grafik bilgidir. Ancak bu litolojilere ait ayrışma durumu, fiziksel ve mekanik özellikleri ve süreksizlik durumları gibi bilgiler öznitelik bilgilerdir. GIS yazılımları yardımıyla bu iki bilgi grubu ilişkilendirildiğinde hangi litolojinin hangi öznitelik bilgilere sahip olduğu kolayca sorgulanabilir ve daha da önemlisi amaca uygun olarak sorgulanabilmektedir. Bu kapsamda GIS' de grafik (konumsal) ve öznitelik bilgilerinin entegrasyonu Şekil.46' daki gibi özetlenebilir.



Şekil 46. GIS' de Konumsal ve Öznitelik bilgilerinin entegrasyonu.

### 3.4.2.6. GIS' de Veri Elde Etme Yöntemleri

GIS' de veri kaynakları kullanım önemlerine göre iki *birincil veri* ve *ikincil veri* olmak üzere iki ana gruba ayrılırlar.

Birincil veriler jeoteknik, jeofiziksel ve jeokimyasal veriler olup günümüzde bu verileri sayısal olarak kaydeden cihazlar bulunmaktadır. Bu veriler genellikle noktasal lokasyonlarda yapılan gözlemler şeklinde olup ya yerinde (in situ), yada laboratuvarında örnekler üzerinde yapılan deney sonuçlarıdır. Örnek lokasyonları ya altlık topografik haritalardan önce elle belirlenip daha sonra sayısallaştırılır, veya direkt olarak sahada yapılan GPS (Global Positioning System) ölçümleri ile uydu aracılığı vasıtasıyla belirlenebilir. Şüphesiz GPS ucuz maliyet ve kolay taşınabilir cihazları sayesinde doğruya en yakın konumun belirlenmesinde en yaygın birincil konumsal koordinat belirleme yöntemi olmuştur.

Genellikle ikincil veri kaynağı olarak kullanılan veri kaynakları harita, tablo ve kağıt üzerindeki jeofiziksel kuyu logları gibi sayısal formda olmayan veri kaynaklarıdır. Bu verilerin sayısal forma getirilebilmeleri için ayrıca sayısallaştırılmaları gerekmektedir. Bu veri kaynakları türlerini bazı örneklerle Tablo 49' da gösterilmektedir.

Tablo 49 Örneklerle GIS' de veri kaynakları türleri.

	BİRİNCİL VERİ KAYNAĞI	İKİNCİL VERİ KAYNAĞI
SAYISAL OLMAYAN	Arazi Haritaları Elle kayıt edilen veriler Analog kuyu logları	Haritalar Tablolar
SAYISAL OLAN	Dijital arazi haritaları Jeofiziksel veriler Jeokimyasal veriler Jeoteknik veriler Uzaktan Algılama Görüntüleri	Sayısal Veri tabanları

### 3.4.2.7. GIS ile inceleme alanına ait uygulamalar

Mühendislik Jeolojisi amaçlı hazırlanmış olan bu çalışmada GIS bir amaç olmaktan öte bir araç olarak kullanılmış, bu kapsamda çalışma alanına ait genel jeoloji ve ayrışma (mühendislik jeolojisi) haritaları önce saha çalışmalarına dayanılarak arazide hazırlanıp, sayısal hale getirilmiş ve GIS yazılımları ile değerlendirilmiş, eğim ve bakı haritaları ise sayısallaştırılmış topografik haritalardan direkt GIS yazılımları kullanılarak oluşturulmuştur.

Bu haritalardan mühendislik jeolojisi ve eğim haritaları kullanılarak muhtemel yol güzergahı üzerindeki olası kütle hareketlerine ilişkin bir risk haritası yapılmıştır(Şekil 51).

Günümüzde bir alana ait kütle hareketlerine ilişkin risk haritaları mühendislik jeolojisi çalışmalarında sıkça kullanılmakta ve literatürde buna örnek olacak pek çok çalışma bulunmaktadır. Bir kütle hareketi risk haritası hazırlamak için farklı araştırmacılar değişik parametreler kullanmışlar ve bunları temelde aynı mantık olmak üzere farklı yöntemler kullanarak hazırlamışlardır. Gupta ve Joshi (1996), Pachauri ve Pant (1992) ve Anbalagan ve Singh (1996) litoloji, tektonik yapı, eğim, bitki örtüsü gibi parametreleri kullanarak elle bu verileri çakıştırmışlar (overlay) ve bir risk haritası elde etmişlerdir. Gökçeoğlu ve Aksoy (1996) yine litoloji, eğim, tektonik yapı ve bunlara ilave olarak jeoteknik parametrelere (c ve  $\phi$  değerleri gösteren ) ait haritalar ve zenginleştirilmiş uydu görüntülerini kullanarak uygun GIS yazılımları kullanarak bir risk haritası elde etmişlerdir. Ayrıca DeGraff ve Canutti (1988) ve Bulut ve diğ...(1993) yine elle heyelan envanter haritası yardımıyla Isopleth tekniğiyle risk haritası yapmışlardır.

Bu kapsamda bu çalışmayla ilgili olarak yapılan GIS uygulamalarını sırasıyla şu şekilde gerçekleştirmişlerdir:

1. Sayısallaştırma
2. Verilerin GIS yazılımlarında kullanıma hazır hale getirilmeleri (Veri dönüşmeleri)
3. GIS yazılımları ile verilere ait öznitelik (attribute) bilgilerinin girilmesi
4. Gerekli olan çıktı-sonuçların haritalarının üretilmesi
5. Sonuç haritaları üzerinde analitik ve lojik (mantıksal) işlemlerin gerçekleştirilmesi suretiyle risk haritasının üretilmesi.

#### 3.4.2.7.1. Kullanılan donanım ve yazılımları

Bu çalışmada kullanılan donanımlar; CalComp sayısallaştırıcı tabla, Sun Ultra SPARC II 270 MHz işlemcili SunOS5.6 workstation, HP Pentium III 500 ve Celeron 433 MHz işlemcili iki PC ve HP 710C Deskjet yazıcıdır.

Kullanılan yazılımlar ise AutoCad R14, Unix platformunda koştan workstation üzerinde bulunan ArcInfo v 7.2, ArcView v 3.1 ve PC ArcView 3.2' dir.

#### 3.4.2.7.2. Sayısallaştırma

Çalışma alanına ait 1/25.000 ölçekli topografik harita ve arazi çalışmaları sonucunda üretilen genel jeoloji ve ayrışma haritaları sayısallaştırıcı tabla üzerinde AutoCad R14 yazılımı kullanılarak "*dxf (data exchange format)*" formatında vektör veri modelinde sayısallaştırılmıştır. Bu formatta sayısallaştırılmasının amacı kullanılacak GIS yazılımlarının bu tür vektör formatındaki verileri desteklemesidir.

#### 3.4.2.7.3. Veri Dönüşümü

Sayısallaştırılmış dxf formatındaki vektör veriler Unix platformunda koştan ArcInfo v 7.2 yazılımına atılmış, burada "*Clean ve Build*" topolojileri kurularak sayısallaştırma sırasında yapılan hatalar 5m hassasiyetine kadar giderilmeye çalışılmış, ArcEdit modülü yardımıyla bu topolojilerle de giderilememiş hatalar düzeltilmiştir. Böylelikle grafik veriler öznitelik bilgilerinin oluşturulması için hazır hale getirilmiştir.

#### 3.4.2.7.4. Öznitelik tablolarının oluşturulması

Sayısal biçimdeki veriler için gerekli olan öznitelik bilgileri PC ArcView v 3.2 GIS yazılımı ile yapılmıştır. Bunu için sayısallaştırılmış topografik harita için her bir kontur, diğer jeoloji ve ayrışma haritaları içinse her bir mikrobölgenin öznitelik bilgileri girilmiştir. Bu safhada kullanılan veri tabanı yönetim sistemi SQL' dir. Yapılan öznitelik tabloları GIS yazılımının kendisi tarafından sayısal biçimdeki ait olduğu grafik veri ile entegre edilmiştir.

#### 3.4.2.7.5. Çıktı-Sonuç Haritalarının Hazırlanması

Öznetelik verileriyle birleştirilmiş grafik verilerden topografyaya ait veriler kullanılmak suretiyle PC ArcView v 3.2 yazılımının “*Create Tin*” komutu kullanılarak olası yol güzergahına ait 1/10.000 ölçeğinde eğim haritası yapılmıştır. Ayrıca çalışma alanına ait 1/25.000 ölçeğinde daha geniş bir alanı ifade eden eğim haritası da üretilmiştir. Aynı veri tabanları kullanılarak inceleme alanı için yön veya bakı (aspect) haritası da üretilmiştir. Bunlara ilave olarak aynı yazılımın 3D modülü kullanılarak söz konusu yol güzergahı ve çalışma alanının tümüne ait üç boyutlu sayısal arazi modelleride üretilmiştir. Genel jeoloji ve mühendislik jeolojisi (ayırışma) haritaları ise herhangi bir ilave işleme gerek kalmaksızın layout olarak kullanıma hazır hale getirilmiştir.

#### 3.4.2.7.6. Analitik ve Lojik işlemler yardımıyla Risk Haritasının Üretilmesi

GIS’ in en verimli ve en kullanışlı safhalarından olan çakıştırma (overlay) işlemi ile daha önce hazırlanmış olan ayırışma ve eğim haritaları üst üste çakıştırılmıştır. Zira bu işlem, çalışma alanının kütle hareketleri açısından risk yönünden bölgeleştirilmesinde yardımcı olmaktadır.

Bu amaçla gerek zemin karakterli birimlerde, gerekse kaya nitelikli birimlerde gözlenebilecek her türlü hareketlenme eğim-ayırışma ilişkisi ile irdelendiğinden muhtemel kütle hareketine sebep olabilecek parametreler öncelikli olarak belirlenmiştir (Tablo.50).

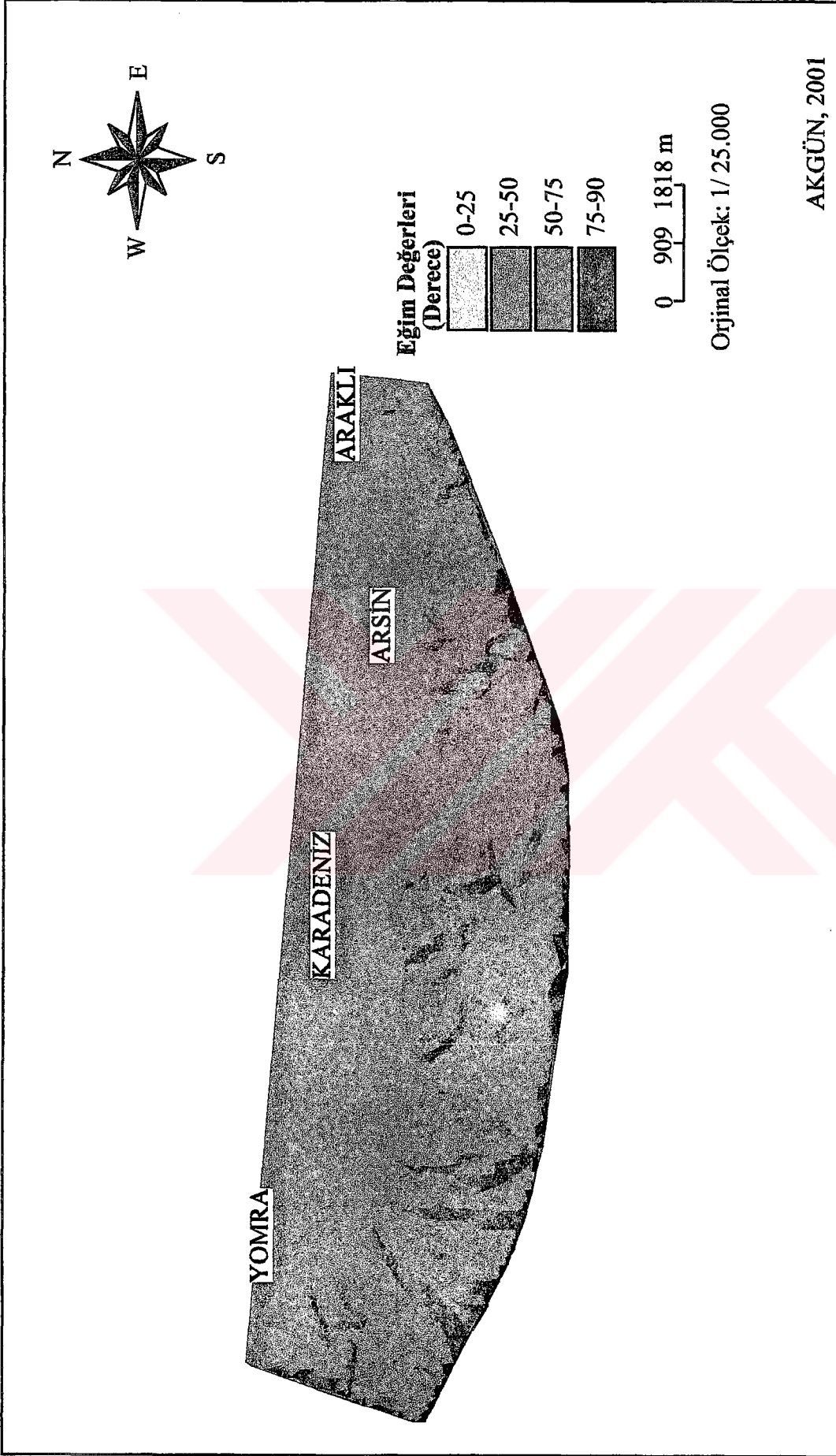
Daha sonra her parametre farklı kombinasyonlarda birleştirilerek farklı gruplar elde edilmiş ve eşlenik parametrelerin uygunluğuna göre risk açısından her bir sınıfa bir ağırlık değeri verilmiştir. Buna göre zeminlerde ve kayalarda ayrı ayrı olmak üzere dört risk sınıfı ayırt edilmiştir. Bunlar “Yüksek Riskli”, “Orta Riskli”, “Düşük Riskli”, “Riskiz” olarak isimlendirilmiştir (Şekil 51)

Bu sınıflandırma sayesinde yol, tünel, köprü gibi mühendislik yapılarının projelendirilmesinde dizayn aşamasında karar-destek mekanizması daha sağlıklı olarak işleyebilecektir.

Tablo 50. Risk haritasında kullanılan parametreler.

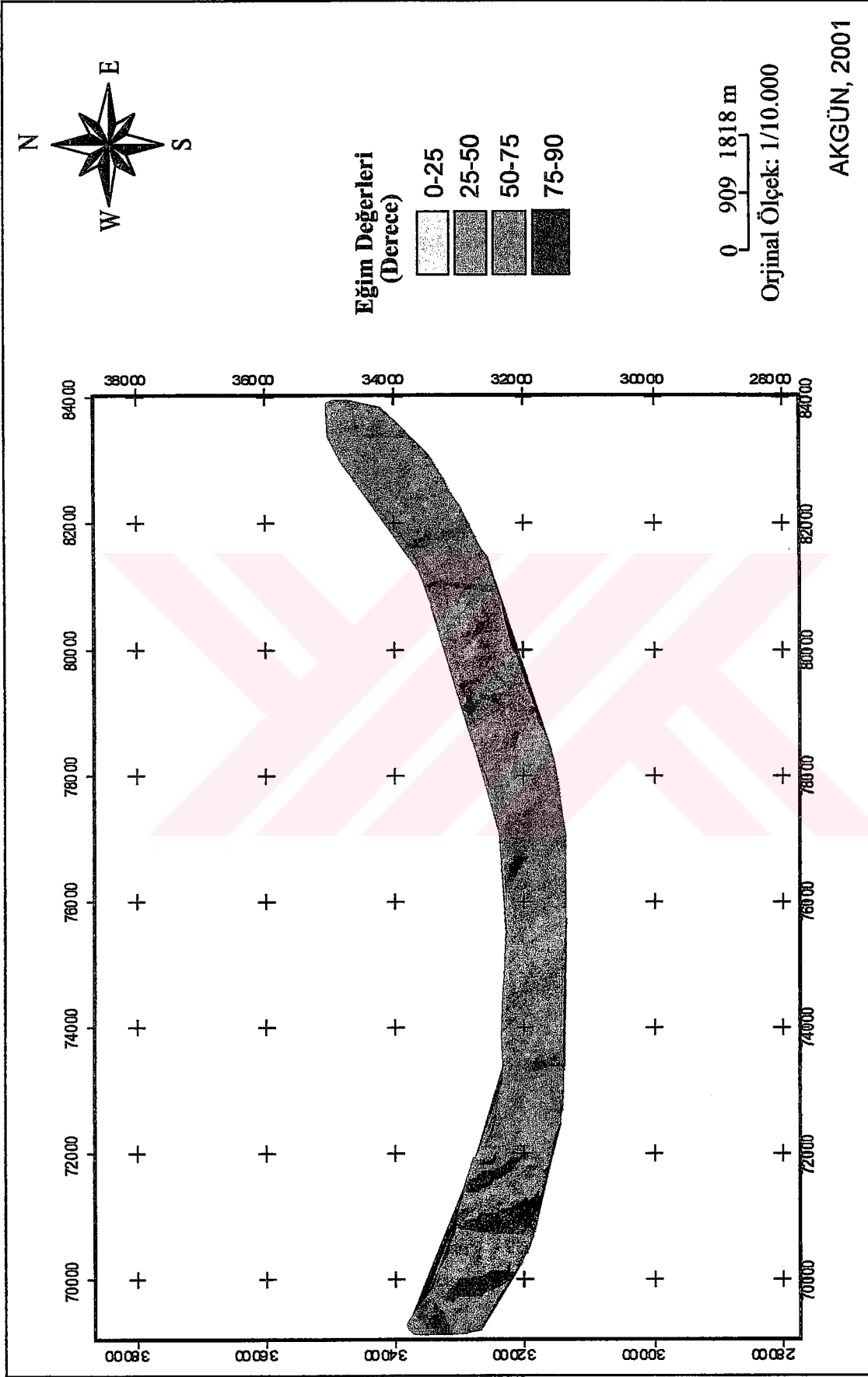
EGİM DEĞERLERİ (DERECE)	MÜHENDİSLİK BİRİMLERİ
0-25	Polijenik-heterojen konglomera-breş
25-50	Rezidüel zemin
50-75	Tamamen ayrılmış piroklastik kayaç- rezidüel zemin
75-90	Kireçtaşı ağırlıklı volkano-tortul birim
	Kısmen ayrılmış riyodasit-dasit
	Kısmen ayrılmış riyolitik breş

Bu parametrelerden mühendislik birimleri içerisinde Tablo 50 deki ilk üç birim ayrık malzeme (zemin) olarak değerlendirilip risk oluşturacağı eğim değerlerinden ilk iki değer grubu ile, mühendislik birimlerinden son üç birim kaya olarak değerlendirilip eğim değerlerinden son iki değer grubu ile eşleştirilip sorgulama bu iki eşlenik gruba göre yapılmıştır.

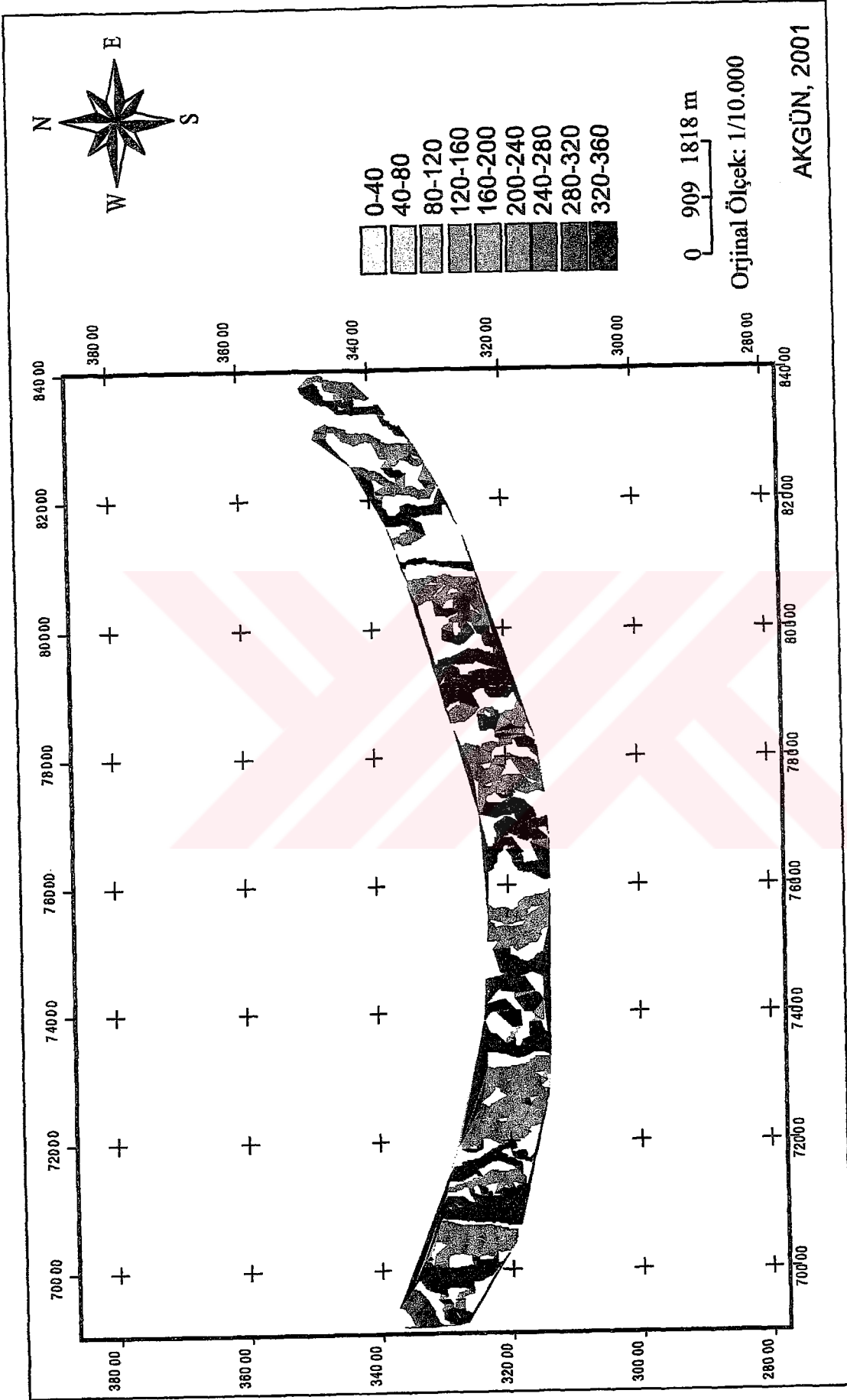


Şekil 47. Tüm çalışma alanına ait eğim haritası.

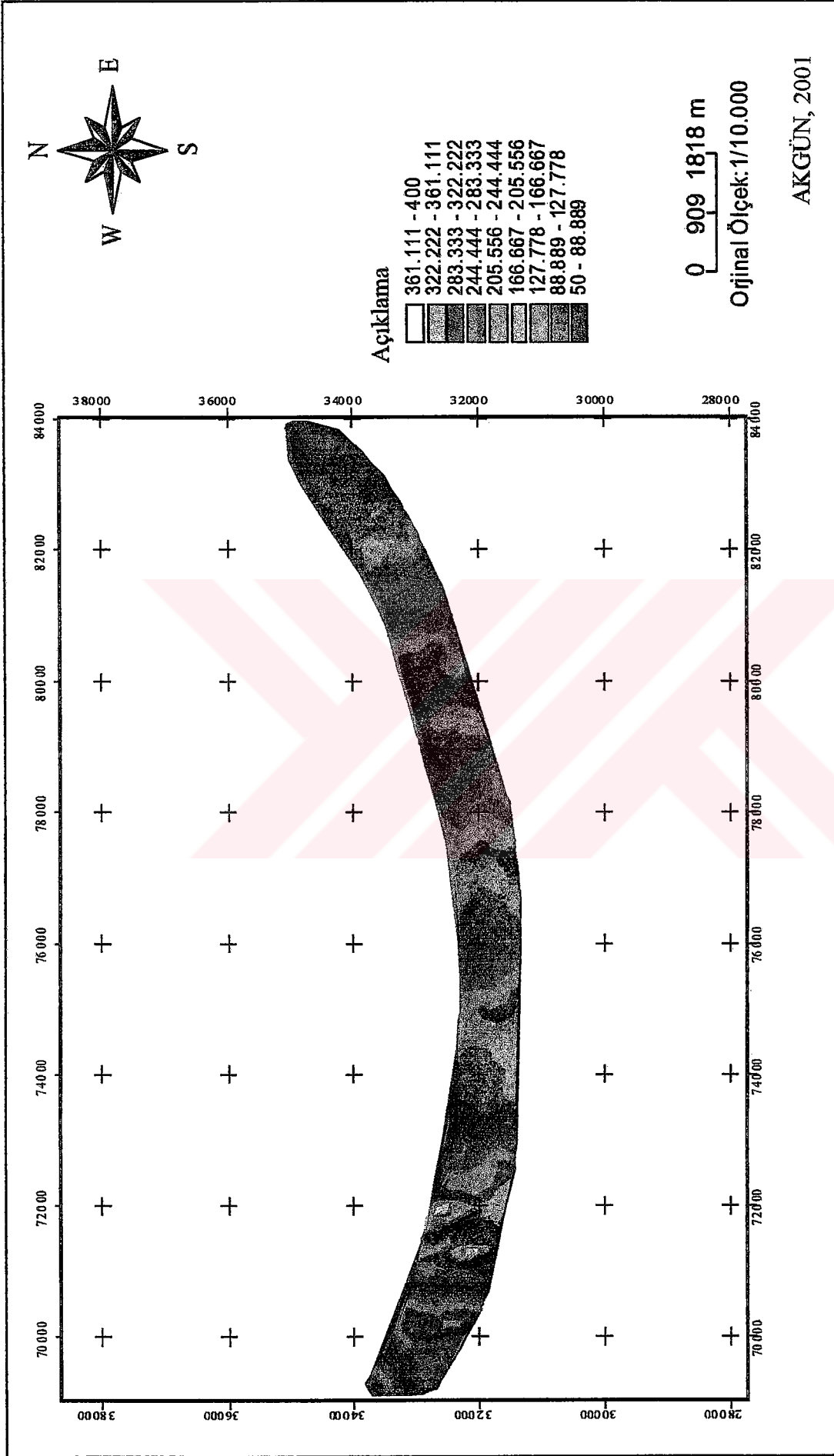











Şekil 48. Yol güzergahına ait eğim haritası

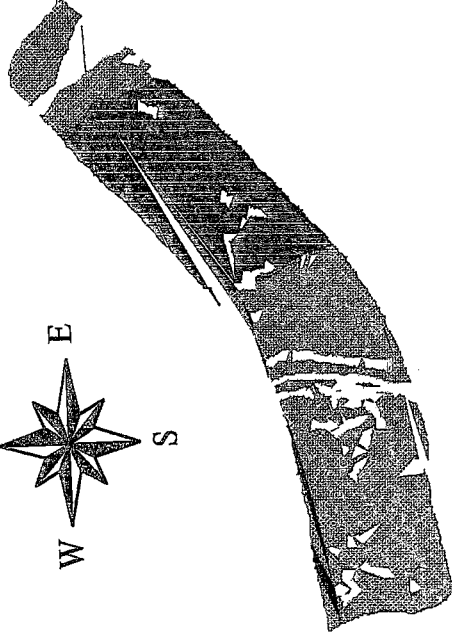
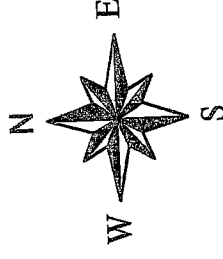


Şekil 49. Yol güzergahına ait baki haritası



Şekil 50. Yol güzergahına ait yükseklik değeri haritası

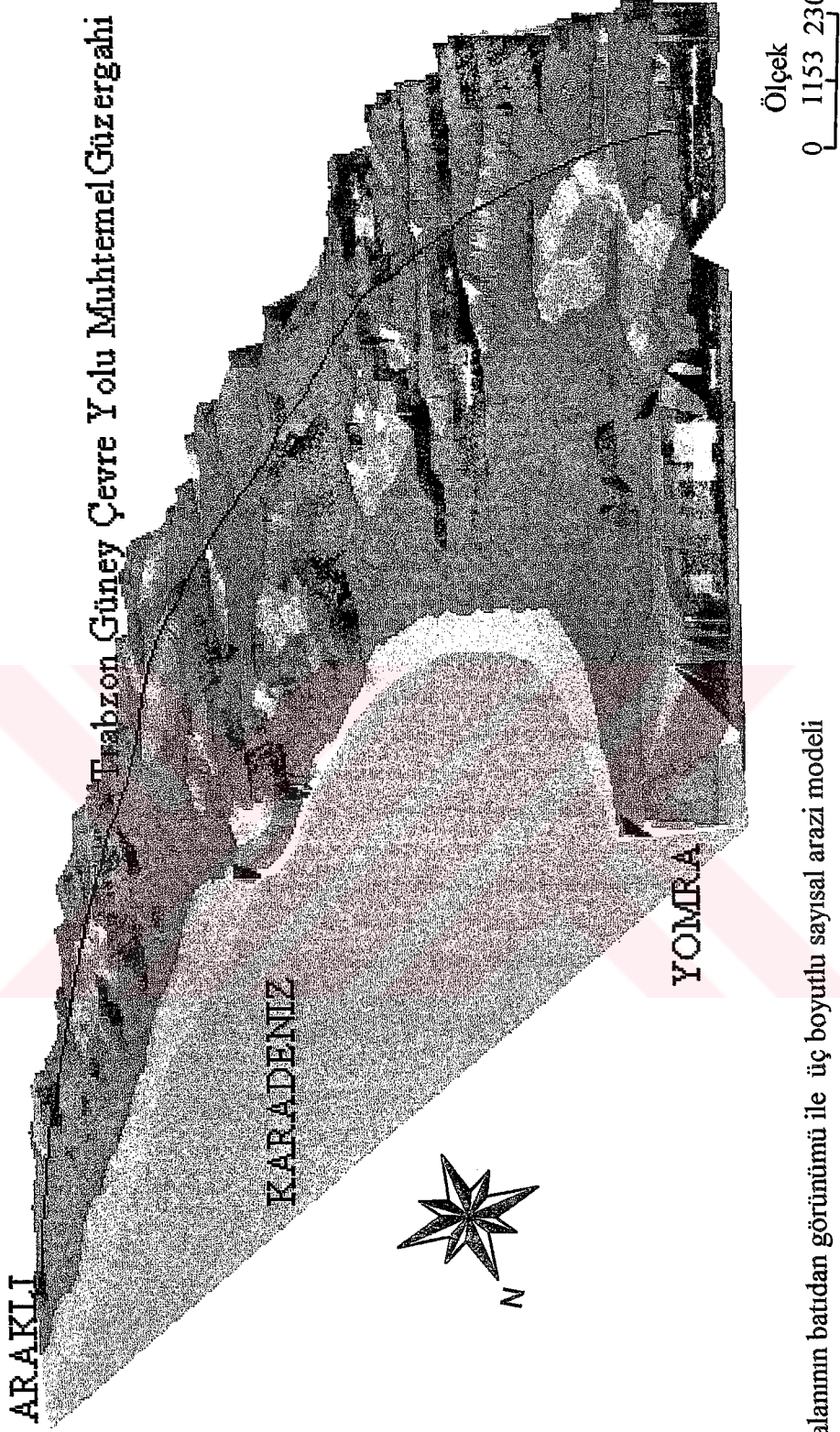
	Yüksek riskli
	Yüksek riskli
	Yüksek riskli
	Orta riskli
	Düşük riskli
	Risiksiz
	Risiksiz



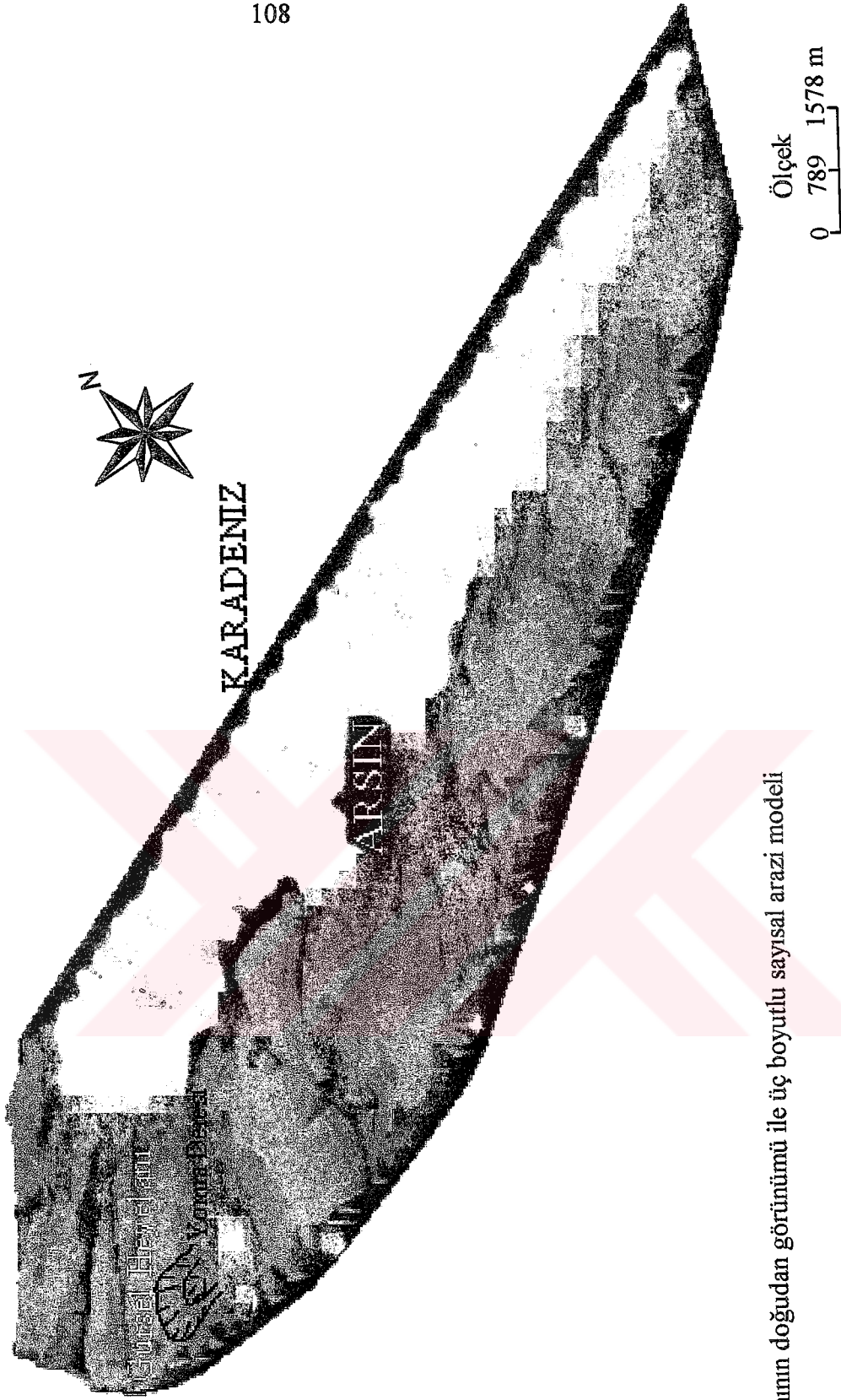
0 625 1250 m  
Orjinal Ölçek: 1/10.000

Şekil 51. Kütle hareketleri risk haritası

AKGÜN, 2001



Şekil 52. Çalışma alanının batıdan görünümü ile üç boyutlu sayısal arazi modeli



Şekil 53. Çalışma alanının doğudan görünümü ile üç boyutlu sayısal arazi modeli

#### 4. İRDELEME

Trabzon Güney Çevre Yolu muhtemel güzergahının Yomra–Arsin arasında kalan kısmında yapılan genel jeoloji çalışmalarında, tespit edilen stratigrafik dizilimin aynı bölgede ve yakın çevresinde daha önce yapılan genel jeoloji çalışmaları sonucunda elde edilen genel stratigrafik dizilimle uyumlu olduğu belirlenmiştir. Ancak litolojik birimlerin arazideki sınır ilişkilerinde ve bazı yapısal unsurlarda farklılıklar olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma güzergahında ayırtılan birimlerin jeoteknik özelliklerin belirlenmesi amacıyla yapılan deneyler sonucunda bulunan değerlerin genel olarak literatürde belirtilen değerlerle uyumlu olduğu görülmüştür.

Coğrafi Bilgi Sistemlerinin kullanılmasıyla bu çalışmaya özgü olarak inceleme alanına ait kütle hareketleri risk haritası hazırlanarak çalışma güzergahında ayırtılan kaya ve zemin karakterli birimlerin ayrışma-eğim ilişkisi değerlendirilmiş ve kütle hareketleri açısından risli ve risksiz olabilecek alanlar belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışma sonucunda riskli sayılabilecek yerlerde gerçekten aktif veya eski (fosil) hareketlenmelerin olduğu görülmüş, dolayısıyla yapılan değerlendirmenin gerçek dünya ile uyumlu olduğu ortaya konulmuştur.

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada Trabzon Güney Çevre Yolu muhtemel güzergahının Yomra-Arsin arasında kalan kısmında yüzeylenen birimlerin jeoteknik özellikleri irdelenmiş ve güzergah boyunca GIS tekniği kullanılarak eğim, mühendislik jeolojisi haritaları altlık olarak kullanılmak suretiyle kütle hareketleri risk analizi yapılmıştır. Yapılmış olan bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1) Trabzon Güney Çevre Yolu muhtemel güzergahının Yomra-Arsin arasında kalan kısmına ait 1/25.000 ölçekli genel jeoloji haritası hazırlanarak 6 birim ayırtlanmıştır. Bu birimlerin gençten yaşlıya doğru sıralanışları aşağıda verilmektedir.

Alüvyon (Kuvaterner)

Seki (Kuvaterner)

Kötü tabakalanmalı, gevşek çimentolu polijenik-heterojen konglomera-breş (Pliyosen)

Andezit-bazalt ve piroklastları (Eosen)

Kireçtaşı, marn, kumtaşı, tuf ardalanması (Üst Kretase-Paleosen)

Riyodasit, riyolit, dasit ve piroklastları (Üst Kretase-Paleosen)

2) Çalışma güzergahında yüzeylenen kaya karakterli kireçtaşı, riyodasit, konglomera-breş ve riyolitik breş birimlerine ait kaya kalitesi özelliği (RQD), süreksizlik ara uzaklığı, süreksizlik açıklıkları, süreksizlik yüzeylerinin pürüzlülüğü, süreksizlik dolgu durumu ve kayaçların ayrışma durumu gibi jeolojik özellikler arazide yapılan ölçüm ve gözlemlerle belirlenerek aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

### a) Kaya Kalitesi Özelliği (RQD)

Çalışma güzergahında yüzeylenen kireçtaşı ve riyodasit birimlerinin genel olarak "iyi kaliteli" kaya sınıfında yer almaktadır. Diğer kaya birimlerinin bu niteliği belirleyecek özellikte ölçümler, sağlıklı yüzeylemelerin ve süreksizliklerin olmayışından dolayı belirlenememiştir.



### **b) Süreksizlik Ara Uzaklığı**

Kireçtaşı , riyodasit ve riyolitik breşin “orta çatlaklı” kaya ve konglomera-breşin ise “çok kalın tabakalı” kaya oldukları belirlenmiştir.

### **c) Süreksizlik Açıklığı**

Kireçtaşı ve konglomera- breşin “orta açıklıklı”, riyodasitin “orta-geniş açıklıklı”, riyolitik breşin “orta –çok geniş açıklıklı” oldukları tespit edilmiştir.

### **d) Süreksizlik Yüzeylerinin Pürüzlülüğü**

Kireçtaşı biriminde ölçülen süreksizlik yüzeylerinden elde edilen ve JRC (Joint Roughness Coefficient) indeks değerine göre değerlendirilen ikinci derece pürüzlülük değerlerinin kireçtaşı için 2-4 ila 4-6, riyodasit biriminde 8-10 ila 12-14, riyolitik breş biriminde ise yine 8-10 ila 12-14 JRC değeri arasında değiştiği belirlenmiştir.

### **e) Süreksizlik Dolgusu**

İncelenen tüm kaya birimlerinde süreksizlik dolgusu olarak kil, kayaç kırıntısı, toprak ve yer yer de kalsit olduğu görülmüştür. Dolgu kalınlıklarının ise birkaç milimetreden 1 cm' ye kadar değiştiği gözlenmiştir.

### **f) Ayırışma Durumu**

Ayrışma durumu kireçtaşı birimi için genel olarak yüzeysel alterasyon şeklinde olup limonit ve hematit boyamalar şeklinde ifade edilmektedir. Riyodasitlerde “kısmen ayrışmış”, “ileri derece ayrışmış” ve “rezidüel zemin” şeklinde ayrışma paternleri gözlenirken riyolitik breş ve konglomera-breş birimleri oluşturan çakıl boyutlu malzemelerde yine “kısmen ayrışmış” ve “ileri derecede ayrışmış” gibi ayrışma türleri gözlenmektedir.

3) Çalışma güzergahında yüzeylenen kayaç ve zeminlerin mühendislik projelerinde kullanılabilir jeoteknik özellikleri laboratuvar çalışmaları ve arazi gözlemleriyle araştırılmış ve aşağıda sunulan sonuçlar elde edilmiştir.

a) Kaya bloklarından alınan karot örnekleri üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri ile kireçtaşı ve riyodasite ait fiziksel özellikler tespit edilmiştir. Yapılan bu deneyler sonucunda kireçtaşının özgül ağırlığı ( $\gamma = 2.7$ ), kuru birim hacim ağırlığı ( $\gamma_k = 2.21 \text{ gr/cm}^3$ ), doygun birim hacim ağırlığı ( $\gamma_d = 2.32 \text{ gr/cm}^3$ ), porozitesi ( $p = \% 17$ ), ağırlıkça su emmesi ( $a_s = \% 4.96$ ), hacimce su emmesi ( $h_s = \% 11.04$ ) ve doygunluk derecesi ( $S_r = \% 62.11$ ) olarak belirlenmiştir. Riyodasitin özgül ağırlığı ( $\gamma = 2.53$ ), kuru birim hacim ağırlığı ( $\gamma_k = 2.08 \text{ gr/cm}^3$ ), doygun birim hacim ağırlığı ( $\gamma_d = 2.15 \text{ gr/cm}^3$ ), porozitesi ( $p = \% 17$ ), ağırlıkça su emmesi ( $a_s = \% 3.1$ ), hacimce su emmesi ( $h_s = \% 6.46$ ) ve doygunluk derecesi ( $S_r = \% 38.33$ ) olarak tespit edilmiştir.

Zeminlerden kırmızı renkli killerin özgül ağırlığı ( $\gamma = 2.66$ ), doğal birim hacim ağırlığı ( $\gamma_d = 1.91 \text{ gr/cm}^3$ ), su muhtevası ( $\omega = \% 29$ ), porozitesi ( $p = \% 44$ ), boşlu oranı ( $e = \% 79$ ) ve doygunluk derecesi ( $S_r = \% 97$ ) olarak belirlenirken gri renkli killerin özgül ağırlığı ( $\gamma = 2.56$ ), doğal birim hacim ağırlığı ( $\gamma_n = 1.85 \text{ gr/cm}^3$ ), su muhtevası ( $\omega = \% 33$ ), porozitesi ( $p = \% 45$ ), boşluk oranı ( $e = \% 84$ ) ve doygunluk derecesi ( $S_r = \% 100$ ) bulunmuştur.

b) Kireçtaşı, riyodasit ve riyolitik breş birimlerine ait Schmidt çekici geri tepme sayılarına göre birimlerin sırasıyla “çok yumuşak kaya”, yumuşak kaya” ve “çok yumuşak kaya” sınıflarında yer aldıkları belirlenmiştir.

c) Tek eksenli basınç direnci ortalama değerine göre kireçtaşı, riyodasit, konglomera-breş ve riyolitik breş birimlerinin sırasıyla “orta dirençli kaya”, orta dirençli kaya”, “çok düşük dirençli kaya” ve orta dirençli kaya” sınıfında yer aldıkları tespit edilmiştir.

d) Kırmızı renkli kil ve gri renkli killerin kıvam limitlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan deneyler sonucunda likit limit değerleri sırasıyla ( $LL = \% 76$  ve  $\% 80$ ), plastik limitleri ( $PL = \% 47$  ve  $\% 33$ ), plastisite indisler ( $PI = \% 29$  ve  $\% 47$ ) olduğu, bu

killerin her ikisinin de IAEG sınıflamasına göre “yüksek plastisiteli” oldukları belirlenmiştir.

e) Kırmızı renkli kilin kesme direnci parametrelerinin bulunması amacıyla kesme kutusu deneyi yapılmış, bu deney sonucunda kilin kohezyon değeri ( $c = 0.04 \text{ kg/cm}^2$ ) olarak, içsel sürtünme açısı ise ( $\phi = 45^\circ$ ) olarak tespit edilmiştir.

f) Killerin türlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan DTA analizleri sonucunda kırmızı renkli killerin illit, gri renkli killerin ise montmorillonit türünde oldukları belirlenmiştir.

4) Kireçtaşı ve riyodasit birimlerine ait kaya kütle sınıflandırması RMR sistemine dayandırılarak yapılmış, birimler tünel kayası, temel kayası ve şev kayası olmaları açısından ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bunun sonucunda kireçtaşının tünel kayası, temel kayası ve şev kayası olarak sırasıyla “orta kalite”, “orta kalite” ve “çok zayıf kaliteli” kaya olduğu belirlenmiştir. Yine riyodasit birimi de aynı yaklaşımla değerlendirilmiş, tünel, temel ve şev kayası olarak sırasıyla “orta-iyi kaliteli”, “orta-orta kaliteli” ve “çok zayıf-orta kaliteli” kaya grubunda olduğu belirlenmiştir. Bu ikili gruplandırma süreksizlik yönelimlerinin tünel doğrultusu ile süreksizlik doğrultuları arasındaki ilişki dikkate alınarak yapılmıştır.

5) Çalışma güzergahına ilişkin 1/10.000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritası yapılmıştır. Bu harita GIS tekniği ile üretilen aynı ölçekli eğim haritası ile karşılaştırılmak suretiyle kütle hareketleri risk haritası üretilmiştir. Buna göre çalışma alanında “yüksek riskli”, “orta riskli”, “düşük riskli” ve “risksiz” olarak dört mikro zon ayrıt edilmiştir. Ayrıca yine GIS tekniği ile çalışma alanına ait 1/25.000 ölçekli eğim haritası, muhtemel yol güzergahına ait 1/10.000 ölçekli yükseklik değeri ve bakı haritaları üretilmiştir. Bunlara ilave olarak çalışma alanının geneli ve muhtemel yol güzergahına ait üç boyutlu sayısal arazi modelleri de elde edilmiştir.

## 6. ÖNERİLER

Çalışma güzergahında aktif olarak devam etmekte olan Gürsel mahallesi ve Niyazioğlu mahallesinde yer alan heyelanların detaylı olarak incelenmesi, jeoteknik özelliklerinin belirlenmesi ve karakteristiklerinin ortaya konması gerekmektedir. Zira her iki kütle hareketi de yerleşim alanlarının ciddi boyutta tehdit etmektedir. Bu alanlarda yapılacak detaylı incelemeler sonucunda çok riskli alanlardaki yerleşim yerleri tahliye edilmeli, kaymakta olan veya kayması muhtemel yerlerdeki ulaşım ağları için dayanma yapıları, drenaj sistemleri ve kazı gibi önlemler alınmalıdır. Bu çalışma güzergahı için hazırlanan kütle hareketleri risk haritası dikkate alınarak muhtemel yapılması planlanan çevre yolu için 1/1000 veya 1/500 ölçeklerinde ayrıntılı bölgelendirmeler ve detaylı jeoteknik incelemeler yapılmalıdır. Bu çalışmalarda, çalışma alanının bitki örtüsü yönünden yoğun olması dikkate alınarak sondaj, yarma ve galeri gibi araştırma yöntemlerinden yararlanılmalıdır.

## 7. KAYNAKLAR

1. Al-Harhi, A. A., Al-Amri, R. M., Shehata, W. M., The Porosity and Engineering Properties of Vesicular Basalt in Saudi Arabia, *Engineering Geology*, 54 (1999) 313-320.
2. Anbalagan, R., Singh, B., Landslide Hazard and Risk Assesment Mapping of Mountainous Terrains: A Case Study from Kumaun Himalaya – India, *Engineering Geology*, 43 (1996) 237-246.
3. Ayday, C., Altan, M., Karas, E., Preparation of Erosion Risk Map by Using Remote Sensing and Geographic Information Systems Techniques, ICGESA, 17-21 May 1998, Ljubljana, Slovenia, 11-20.
4. Ayday, C., Gökten, M., Evaluation of Geological and Geotechnical Data by Using GIS for the Diggability Classification of an Open Pit Mine, *Procc. of the Ninth Thematic Conf. On Geologic Remote Sensing*, 8-11 February 1993, Pasadena, California, U. S. A. Volume 1, 457-467.
5. Ayday, C., Ulusay, R., Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) İle Mühendislik Jeolojisi Haritalarının Hazırlanması, *T.J.K. Bülteni*, 8 (1993) 148-154.
6. Aytekin, M., *Deneysel Zemin Mekaniği*, Akademi Yayınevi, Trabzon, 2000.
7. Bektaş, O., Eyüboğlu, Y., *Yapısal Jeoloji Ders Notları*, K. T. Ü. Basımevi, Trabzon, 1999.
8. Bieniawski, Z.T., *Engineering Rock Mass Classifications*, John Wiley & Sons, U. S. A., 1989.
9. Bieniawski, Z.T., *Rock Mass Classification in Rock Engineering*, *Procc. of The Symp. on Exploration for Rock Engineering*, November 1976, 97-106.
10. Bonham, F.G., *Geographical Information Systems for Geoscientists*, First Edition, Pergamon (Elsevier Science Publications), U. S. A., 1994.
11. Broch, E., Franklin, J.A., The Point Load Strength Test, *Int.Journal of Rock Mech. Min. Sci.*, 9 (1972) 569-597.
12. Bulut, F., Çambaşı (Trabzon-Çaykara) Barajı ve Uzungöl Hidroelektrik Santral Yerlerinin Mühendislik Jeolojisi Açısından İncelenmesi, *Doktora Tezi*, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1989.
13. Burrough, P. A., McDonnell, R. A., *Principles of Geographical Information Systems*, First Edition, Oxford University Press Inc., Newyork, 1998.

14. Ceylanoğlu, A., *Kaya Mekaniği Laboratuvar DeneYleri*, Cumhuriyet Üniversitesi Yayınları, Sivas, 1996.
15. Craig, R.F., *Soil Mechanics*, Fourth Edition, Chapman and Hall, London, 1987.
16. DeGraff, J.V., Canuti, P., Using Isopleth Mapping to Evaluate Landslide Activity in Relation to Agricultural Practices, *Bulletin of the Int. Assoc. of Eng.Geo.*, 38 (1988) 61-71.
17. Dermentzopoulos, T., Katsaridis, P., Engineering Geological Data Management for Urban Planning Using GIS: A Case Study from Pireaeus, Greece, *Procc. of the Engineering Geology and the Environment*, Vol 3 (1997) 1225-1228.
18. Erguvanlı, K., *Mühendislik Jeolojisi, Üçüncü Baskı, Seç Yayın Dağıtım, İstanbul, 1995.*
19. Franklin, J., Dusseault, M. B., *Rock Engineering*, First Edition, McGraw-Hill Inc., U. S. A. , 1989.
20. Gedikoğlu, İ., *Coğrafi Bilgi Sistemi ve Uzaktan Algılama Teknikleri I.Mekansal Analizler, Birinci Baskı, Set Ofset, Ankara, 2000*
21. Geological Soc. Eng. Group Working Party, The Description and Classification of Weathered Rocks for Engineering Purposes, *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 28 (1995) 207-242,
22. Goodman, R.,E., *Introduction to Rock Mechanics*, John Wiley & Sons, U. S. A. , 1980.
23. Gökçeoğlu, C., Aksoy, H., Landslide Susceptibility Mapping of the Slopes in the Residual Soils of the Mengen Region (Turkey) by Deterministic Stability Analyses and Image Processing Techniques, *Engineering Geology*, 44 (1996) 147-161.
24. Güven, İ. H., Nalbantoğlu, A. K., Takaoğlu, S., 1/100.000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi Trabzon F42 ve G42 Paftaları, M. T. A. Genel Müdürlüğü, Ankara, 1993.
25. Heywood, I., Cornelius, S., Carver, S., *An Introduction to Geographical Information Systems*, First edition, Addison Wesley Longman Limited, New York, 1998.
26. IAEG, *Engineering Geological Maps: A Guide to Their Preparation*, Unesco Press, 15, Paris, 1976.
27. Korkmaz, S. ve diğerleri, Stratigraphy of the eastern pontides NE-Turkey, *Procc. of the Int. Sym. on the Geology of the Black Sea Region*, 7-11 Eylül 1992, Sempozyum Bildiriler Kitabı, 59-68
28. Köse, H., Kahraman, B., *Kaya Mekaniği*, D.E.Ü. Basımevi, İzmir, 1993.

29. M.T.A., Stratigrafi Sınıflama ve Adlama Kuralları, Türkiye Stratigrafi Komitesi, Ankara, Ocak 1986
30. Marinou, P. G., Plessas, S. P., Valadaki, K., Erosion Risk Maps for the Greater Athens Region and a GIS Based Processing of Data, Procc. of the Engineering Geology and the Environment, Vol. 3 (1997) 1353-1361.
31. Pachauri, A.K., Pant, M., Landslide Hazard Mapping Based on Geological Attributes, Engineering Geology, 32 (1992) 81-100.
32. Peker, S., Kürtün Barajı Dolu Savak Güzergahındaki Granodiyorit Jeomekanik Özellikleri ve Bu Güzergahtaki Kazı Şevlerinin Duraylılığı, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1998.
33. Priest, S.D., Discontinuity Analysis for Rock Engineering, First Edition, Chapman&Hall, London, 1993.
34. Priest, S.D., Hudson, J.A., Discontinuity Spacings in Rock, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech., Vol 13 (1976) 135-148.
35. Saraç, S., Elmaalan (Arsin-Trabzon) Yöresinde Masif Sülfür mineralizasyonları Üzerinde Gelişen Toprakların Element Dağılımının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1996
36. Tarhan, F., Mühendislik Jeolojisi Prensipleri, 2. Baskı K. T. Ü. Basımevi, Trabzon, 1996.
37. Taşhan, E., Trabzon Civarı Topraklarında İyot Derişimleri, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1993
38. TS 1900, İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Denepleri, T.S.E., Ankara, I.Baskı, Nisan 1987.
39. TS 2028, Kayaçların Tek Eksenli Basma Dayanımlarının Tayini, T.S.E., Ankara, I.Baskı, Nisan 1975.
40. TS 669, Doğal Yapı Taşlarının Muayene ve Deney Metodları, T.S.E., Ankara, I.Baskı, Mart 1978.
41. Türk, N., Nokta Yükleme Deneyi Sonuçlarını Değerlendirmek İçin Yeni Bir Yöntem, Mühendislik Jeolojisi, 8 (1986).
42. Ulusay, R., Doyuran, V., Characteristic of a Multiple Retrogressive Failure in a Coal Mine in Southwest Turkey, Engineering Geology, 36 (1993) 79-89.
43. Ulusay, R., Pratik Jeoteknik Bilgiler, Teknomad Yayınları, Ankara, 1989.
44. Uzuner, B.A., Çözümlü Problemlerle Temel Zemni Mekaniği, 4. Baskı, Teknik Yayınevi, Ankara, 1998.

45. Yalçın, A., Kanlıca (Giresun-Yağlıdere) Heyelanı ve Çevresindeki Yamaçların Mühendislik Jeolojisi Açısından İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2000.
46. Yılmaz, İ., Güzergah Seçimi ve Bu Seçimde Jeolojinin Önemi, Jeoloji Mühendisliği, 36, (1990) 37-45.
47. Yomralıoğlu, T., Akça, M. D., Çevresel Bilgi Sistemleri İçin Model-Altlık Tasarımı: Trabzon-Değirmendere Havzası Örneği, Yerel Yönetimlerde Kent Bilgi Sistemi Uygulamaları, 13-15 Ekim 1999, Trabzon, 297-306.





## ÖZGEÇMİŞ

Özgeçmişim, 15.02.1976 yılında Bingöl'ün Solhan ilçesinde doğmuştur. İlk öğrenimini İstanbul'da Mehmet Akif Ersoy İlkokulunda, orta öğrenimini İzmir Yahya Kemal Beyath Ortaokulunda, lise öğrenimini ise yine İzmir'de Suphi Koyuncuoğlu Lisesinde tamamlamıştır. Daha sonra 1993-1994 eğitim-öğretim yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölümünde lisans eğitimine başlamıştır. Ekim 1997 yılında aynı üniversitede Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başlamıştır. Aralık 1997 tarihinde Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Ana Bilim Dalı'na Müh. Mim. Fakültesi 50/d kadrosundan araştırma görevlisi olarak atanmıştır. Kasım 2000 tarihinde ise Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesinin açtığı araştırma görevliliği sınavını kazanarak Jeoloji Mühendisliği bölümü Uygulamalı Jeoloji Ana Bilim Dalı'na araştırma görevlisi olarak atanmıştır. İngilizce bilmektedir.